

pod redakcją Waldemara Lewińskiego

GINNAZJUM TERAZ BIOLOGIA

edycja 2013

3

terazwiedza

Teraz Biologia 3

Gimnazjum

- Powłoka wspólna ciała człowieka • Układ narządów ruchu człowieka
- Układ pokarmowy człowieka • Układ krążenia człowieka

EDYCJA 2013

pod redakcją Waldemara Lewińskiego

Jan Prokop

Jacek Balerstet

Teresa Borowska

© Copyright by

terazwiedza

Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie, rozpowszechnianie lub odsprzedawanie poniższej publikacji w części lub w całości w jakiegokolwiek formie bez wyraźnej pisemnej zgody Wydawcy jest zabronione. Publikacja przeznaczona jest tylko do użytku prywatnego.

Copyright

© Waldemar Lewiński 2013

© Jan Prokop 2013

© Jacek Balerstet 2013

© Teresa Borowska 2013

Menadżer projektu i redaktor prowadzący – Dagmara Lewińska

Opracowanie graficzne projektu – Damian Lewiński

Grafiki – Jacek Balerstet, Damian Lewiński

Projekt okładki – Damian Lewiński

Redakcja techniczna – zespół

© Copyright by Oficyna Wydawnicza „Teraz Wiedza” s.c. 2013

ISBN - 978-83-62757-02-2

Oficyna Wydawnicza „Teraz Wiedza” s.c.

D. Lewińska, D. Lewiński, W. Lewiński

ul. Modrzewiowa 21

84-200 Kapino

e-mail: kontakt@terazwiedza.pl

www.terazwiedza.pl

Teraz Biologia Gimnazjum

Teraz Biologia Gimnazjum to seria 5 nowoczesnych e-booków przygotowanych przez doświadczony zespół autorów podręczników szkolnych zgodnie z najnowszymi standardami wymagań MEN. Dołożyliśmy wszelkich starań, aby informacje zawarte w e-bookach były napisane w sposób prosty i zrozumiały dla każdego ucznia. Łatwość i komfort uczenia się wspierają setki grafik, zdjęć i schematów. Ponadto każdy rozdział kończy się podsumowaniem, kompletem poleceń kontrolnych oraz zestawem ważnych pojęć do zapamiętania.

E-booki Teraz Biologia Gimnazjum można czytać offline na tablecie, laptopie, czytniku e-booków, a nawet smartfonie.



Zachęcamy również do zapoznania się z naszym multiplatformowym systemem nauczania biologii online, który można znaleźć na stronie www.terazwiedza.pl. W systemie zawarliśmy nie tylko treść e-booków, ale także liczne materiały filmowe, analizę szkolnych doświadczeń, interaktywne testy i możliwość współpracy z innymi użytkownikami. Nauczanie online jest nie tylko skuteczne, ale także bardzo wygodne – dostęp do materiałów non-stop, na wszystkich urządzeniach, bieżąca informacja o postępach w nauce, itp.

System do nauki biologii online (LMS)



jeszcze więcej grafik i zdjęć



filmy



animacje



testy interaktywne.



www.terazwiedza.pl

Sprawdź już teraz!

Spis treści

IX. Powłoka wspólna ciała człowieka

1. Budowa skóry człowieka i jej wytworów

1.1. Podstawowe funkcje skóry

1.2. Budowa skóry

1.3. Pismo dotykowe

1.4. Termoregulacja

1.5. Podsumowanie

2. Wybrane problemy medyczne

2.1. Choroby skóry

2.2. Podsumowanie

3. Panel kontrolny Rozdziału IX

3.1. Polecenia kontrolne

3.2. Ważne pojęcia

X. Układ narządów ruchu

1. Organizacja układu szkieletowego

1.1. Wstęp

1.2. Budowa kości

1.3. Połączenia w układzie szkieletowym

1.4. Podsumowanie

2. Szkielet człowieka - budowa i funkcje

2.1. Czaszka

2.2. Kręgosłup

2.3. Klatka piersiowa

2.4. Szkielet kończyn

2.5. Podsumowanie

3. Układ mięśniowy

3.1. Organizacja układu mięśniowego

3.2. Budowa mięśnia szkieletowego

3.3. Podsumowanie

4. Praca mięśni szkieletowych

4.1. Wstęp

4.2. Skurcz i rozkurcz mięśni szkieletowych

4.3. Podsumowanie

5. Wybrane problemy medyczne układu ruchu

5.1. Wady postawy i choroby układu ruchu

5.2. Podsumowanie

6. Panel kontrolny Rozdziału X

6.1. Polecenia kontrolne

6.2. Ważne pojęcia

XI. Układ pokarmowy człowieka

1. Organizacja układu pokarmowego

1.1. Wstęp

1.2. Jama ustna i gardło

1.3. Przełyk i żołądek

1.4. Jelito cienkie i grube

1.5. Wątroba i trzustka

1.6. Podsumowanie

2. Trawienie, wchłanianie i transport pokarmów

2.1. Trawienie

2.2. Wchłanianie i transport

2.3. Transport wchłoniętych substancji

2.4. Podsumowanie

3. Wybrane problemy medyczne

3.1. Wstęp

3.2. Substancje dodatkowe w żywności

3.3. Podsumowanie

4. Panel kontrolny Rozdziału XI

4.1. Polecenia kontrolne

4.2. Ważne pojęcia

XII. Układ krążenia człowieka

1. Składniki krwi i limfy

1.1. Krew i limfa

1.2. Skład krwi

1.3. Krwinki czerwone

1.4. Krwinki białe

1.5. Płytki krwi

1.6. Grupy krwi

1.7. Podsumowanie

2. Układ krwionośny - budowa i praca

2.1. Wstęp

2.2. Serce

2.3. Naczynia krwionośne

2.4. Praca serca

2.5. Krążenie krwi

2.6. Podsumowanie

3. Wybrane problemy medyczne

3.1. Choroby układu krążenia

3.2. Podsumowanie

4. Układ limfatyczny

4.1. Wstęp

4.2. Działanie układu limfatycznego

4.3. Podsumowanie

5. Odporność ustrojowa

5.1. Rodzaje odporności

5.2. Reakcje odpornościowe

5.3. Przeszczepy

[5.4. Szczepionki](#)

[5.5. Alergie](#)

[5.6. Podsumowanie](#)

[6. Panel kontrolny Rozdziału XII](#)

[6.1. Polecenia kontrolne](#)

[6.2. Ważne pojęcia](#)

IX. Powłoka wspólna ciała człowieka



1. Budowa skóry człowieka i jej wytworów

1.1. Podstawowe funkcje skóry

Skóra człowieka tak, jak u innych kręgowców jest narządem o złożonej budowie, który tworzy **powłokę ciała**.

Narząd ten pełni wiele funkcji, przede wszystkim **ochronną** (przed urazami mechanicznymi, promieniowaniem UV, wnikaniem organizmów chorobotwórczych i pasożytów, a częściowo także przed utratą wody), **zmysłową** (ma receptory dotyku, ucisku, ciepła i zimna oraz bólu), **termoregulacyjną** (głównie wydzielanie nadmiaru ciepła wraz z potem, czyli pocenie się) i **wydzielniczą** (wydzielanie łoju, mleka oraz wydalanie niewielkich ilości mocznika i soli mineralnych). Pod wpływem światła w skórze powstaje także **witamina D3** niezbędna do prawidłowego rozwoju kości.



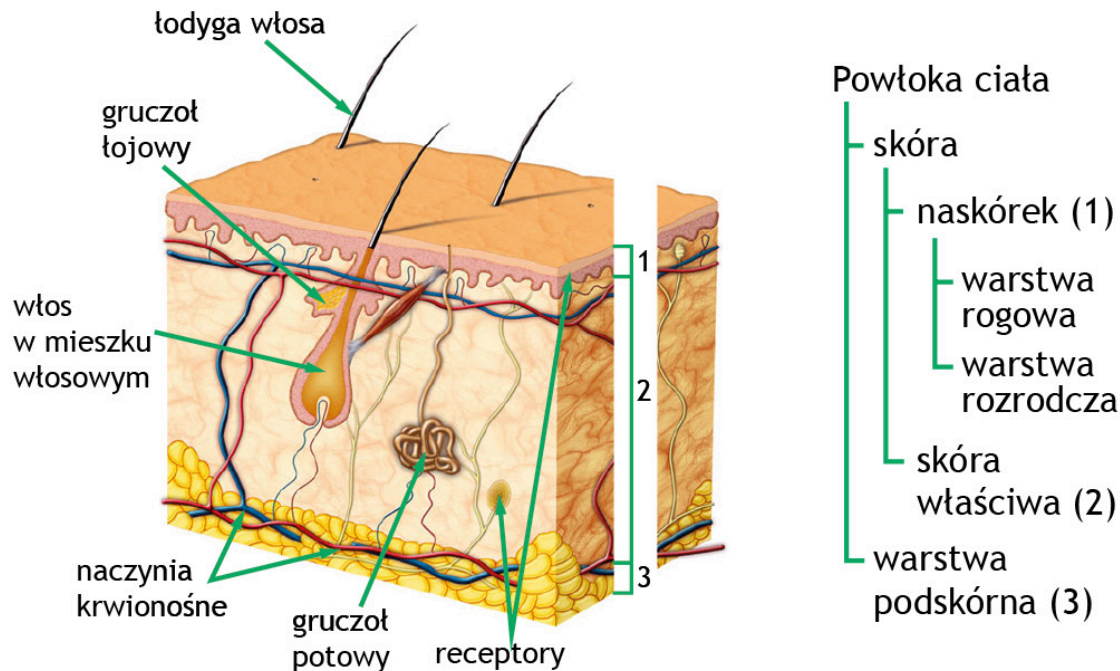
Dziedzina medycyny zajmująca się schorzeniami skóry, włosów i paznokci to **dermatologia**. Lekarze specjaliści to dermatolodzy.

1.2. Budowa skóry

Skóra człowieka ma budowę warstwową. Warstwę zewnętrzną stanowi

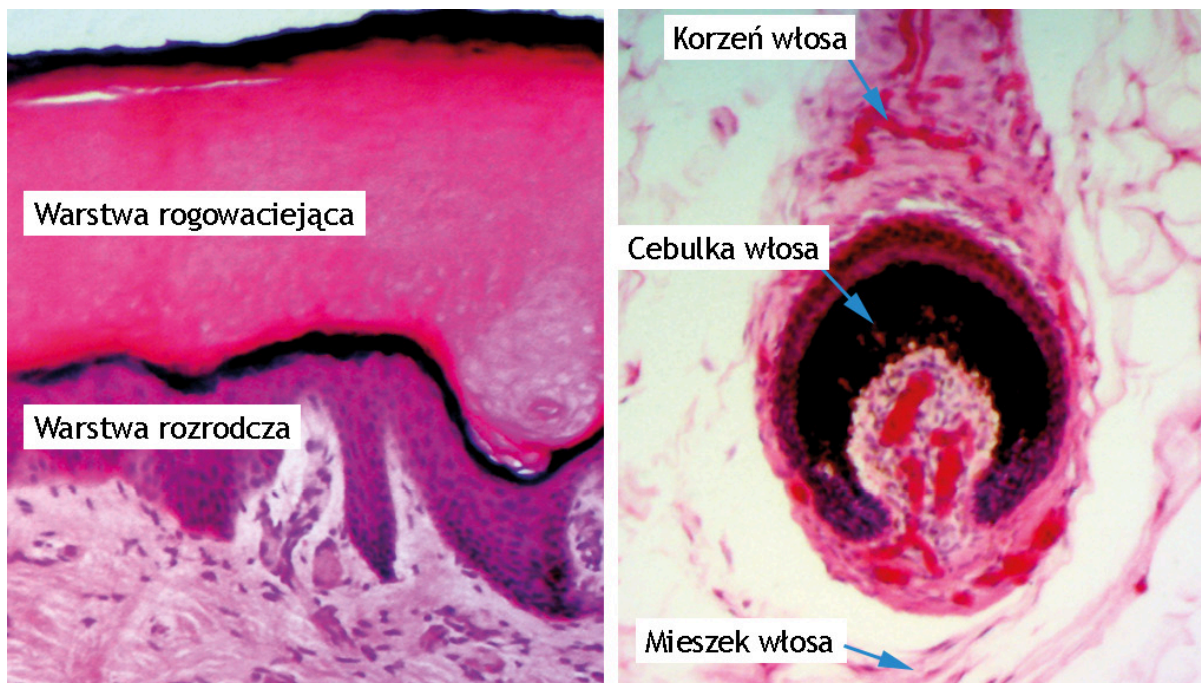
naskórek, wewnętrzną – **skóra właściwa**. Pod skórą właściwą znajduje się **warstwa podskórna**.

W skórze występują przede wszystkim: tkanka nabłonkowa (nabłonek wielowarstwowy płaski, czyli naskórek) oraz tkanka łączna (tworząca zrąb, czyli podstawę skóry właściwej). Warstwa podskórna zbudowana jest głównie z tkanki tłuszczowej.



Budowa skóry

Naskórek człowieka zbudowany jest z kilkunastu warstw komórek, które ściśle do siebie przylegają. Komórki położone najgłębiej nieustannie się dzielą, dlatego tę część naskórka nazwano warstwą rozrodczą. Zewnętrzne komórki naskórka stopniowo **rogowacieją**, obumierają i złuszcza się, stąd nazwa – warstwa rogowaciejąca. Naskórek jest w zasadzie nieprzepuszczalny dla wody i gazów. Część komórek warstwy rozrodczej naskórka to melanocyty. Wytwarzają one **melaninę** – barwnik chroniący położone głębiej komórki skóry właściwej przed szkodliwym wpływem promieniowania ultrafioletowego (promieniowania UV).



Skóra - mikrofotografia

Skóra właściwa jest grubsza niż naskórek. Komórki skóry właściwej wytwarzają białka: kolagen i elastynę. Kolagen tworzy mocne włókna nadające skórze sprężystość. Włókna elastynowe natomiast nadają skórze elastyczność. W skórze właściwej znajdują się włosy, gruczoły oraz zakończenia neuronów czuciowych (receptory). Skóra właściwa jest bardzo silnie ukrwiona i unerwiona.

Tkanka tłuszczowa **warstwy podskórnej** ma różną grubość (zależy to od okolicy ciała i indywidualnych cech danego człowieka). Warstwa podskórna pełni przede wszystkim funkcję termoizolacyjną, przytwierdza skórę do mięśni i kości, może również stanowić magazyn tłuszczu.

Wytworami warstwy rozrodczej naskórka są: włosy, paznokcie, gruczoły potowe, łojowe i sutkowe. **Włosy** wyrastają z cebulek włosowych i osadzone są w mieszkach włosowych zanurzonych w skórze właściwej. **Paznokcie** są rogowymi płytkami chroniącymi zakończenia palców. Zewnętrzne komórki naskórka, włosy i paznokcie zawierają **keratynę** – nierozpuszczalne w wodzie białko nadające im wytrzymałość mechaniczną.

Uwaga: okrywa włosowa człowieka jest silnie zredukowana.

Skórę pokrywa bardzo cienka, płynna warstewka ochronna, która jest mieszaniną **potu**, czyli wydzieliny **gruczołów potowych**, i łoju. **Łój** jest

tłustą wydzieliną **gruczołów łojowych** chroniącą włosy i naskórek przed wyschnięciem.

Komórki **gruczołów sutkowych** kobiet po porodzie wytwarzają **mleko**. Gruczoły sutkowe (mlekowe) są przekształconymi gruczołami potowymi.

W skórze znajdują się miliony wspomnianych już **receptorów**, które są wolnymi zakończeniami nerwowymi. Odebrana przez receptory informacja wędruje nerwami do mózgu. Jedne receptory są wrażliwe na dotyk, inne na ucisk, ciepło lub zimno, a jeszcze inne pozwalają odczuwać ból.

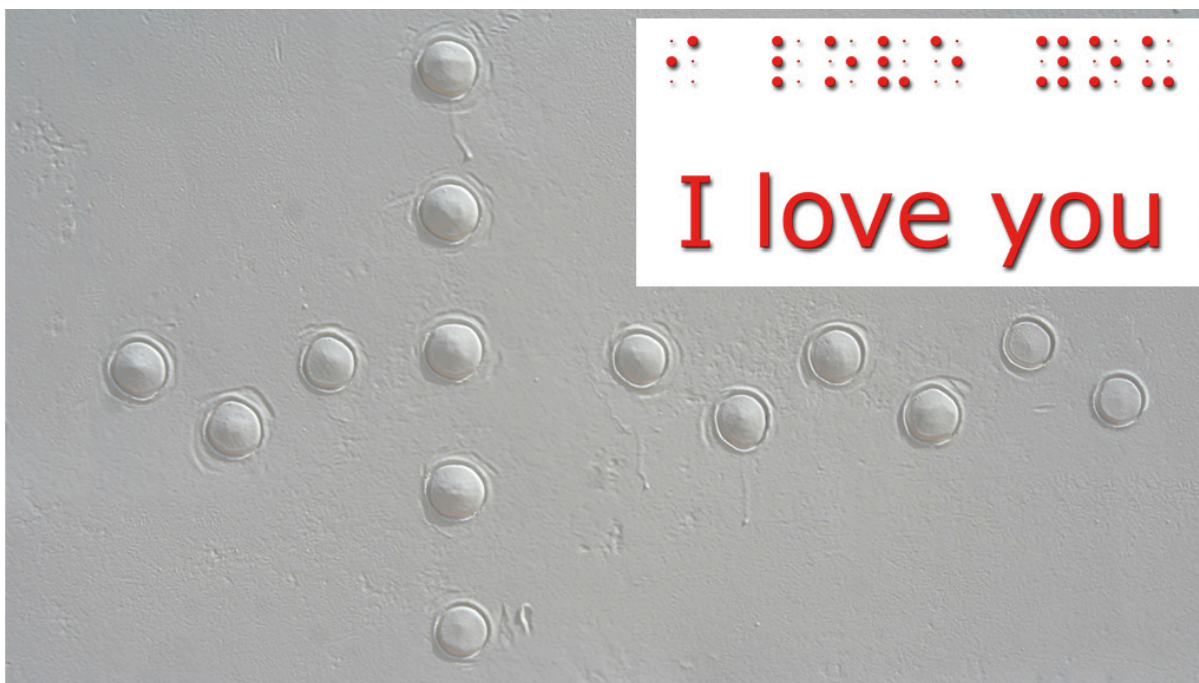
Ciekawe!

Każdy człowiek ma indywidualny, niepowtarzalny wzór rowków i wypukłości opuszek palców zwany popularnie **odciskiem palca**. Zbieranie i porównywanie odcisków palców jest jedną z podstawowych metod w kryminalistyce. Identyfikowaniem ludzi na podstawie odcisków palców zajmuje się **daktyloskopia**.



1.3. Pismo dotykowe

Szczególnie wiele receptorów dotyku znajduje się w opuszkach palców rąk. Tę wrażliwość wykorzystał Louis Braille – twórca **pisma dotykowego** dla osób niewidomych. W systemie Braille’a (czytaj: Brajla) zapis liter i cyfr powstaje przez wytłoczenie w specjalnym papierze niewielkich punktów. Osoba znająca zasady zapisu (jeden znak jest określoną kombinacją sześciu wypukłości) czyta, dotykając powierzchni kartki.

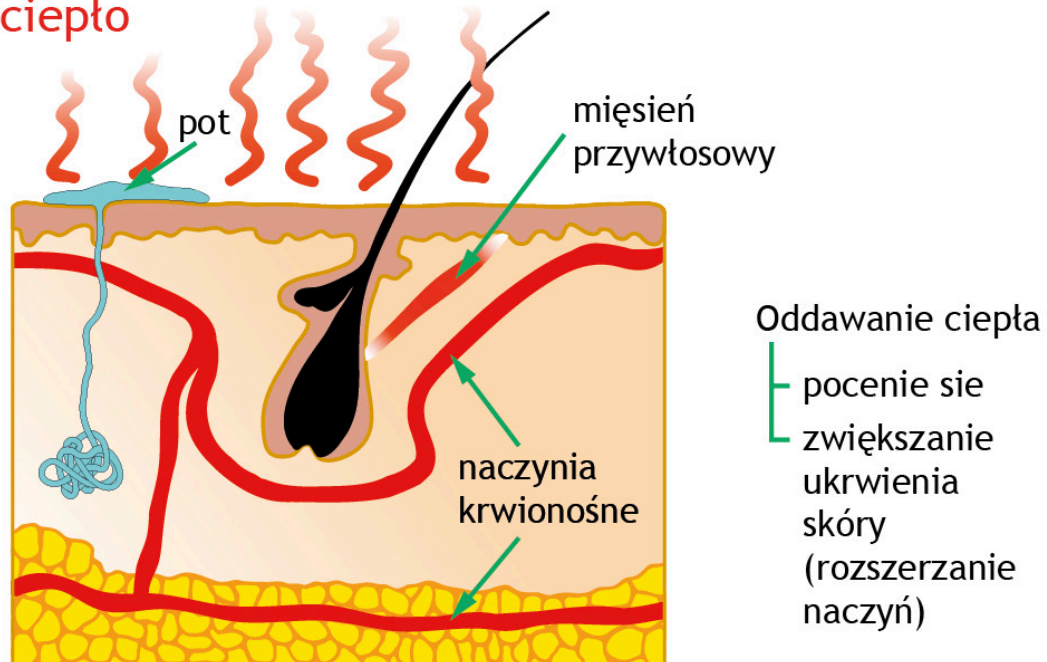


Pismo dotykowe Braille'a (w powiększeniu)

1.4. Termoregulacja

Skóra dorosłego człowieka ma prawie 2 m² powierzchni i odgrywa ważną rolę w **termoregulacji**. Kiedy robi się nam gorąco, konieczne staje się obniżenie temperatury ciała. Najważniejszą rolę odgrywają w tym gruczoły potowe (człowiek ma ich ok. 2,5 miliona). Ich wydzielina – pot – zawiera ciepłą wodę, która paruje z powierzchni skóry (wraz z parą ciepło odprowadzane jest do otoczenia). Straty ciepła są dodatkowo zwiększane przez rozszerzenie drobnych naczyń krwionośnych skóry (krew, przepływając tuż pod powierzchnią ciała, oddaje ciepło do otoczenia).

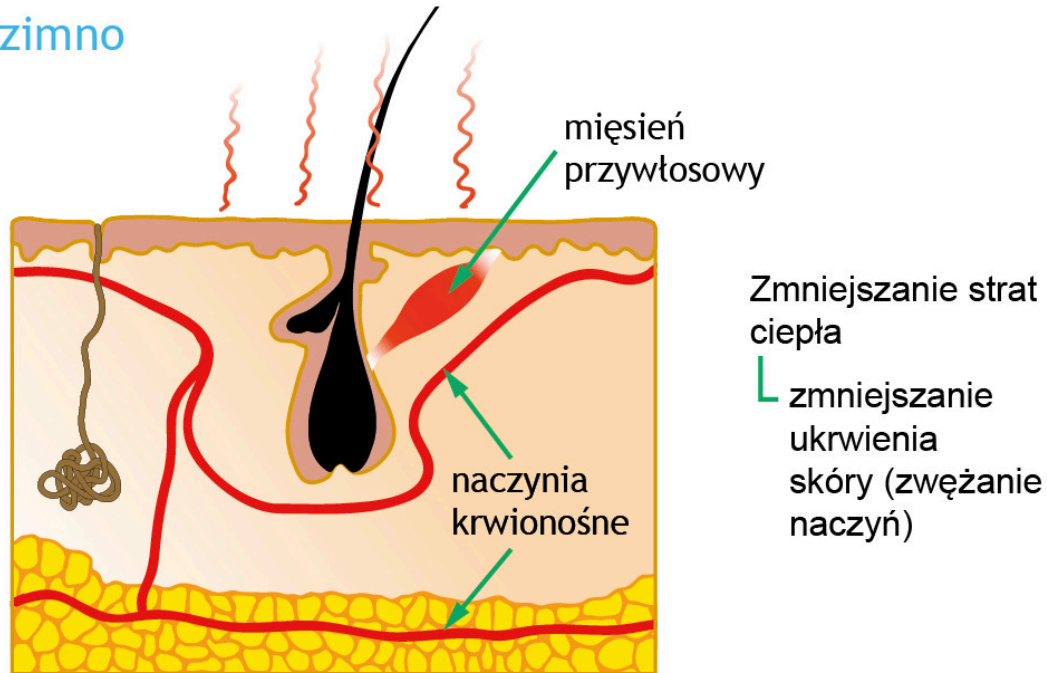
Zbyt ciepło



Przystosowanie do wysokiej temperatury otoczenia

Kiedy robi się nam zimno, konieczne staje się podwyższenie temperatury ciała. W wytwarzaniu ciepła ważną rolę odgrywają drobne skurcze mięśni szkieletowych, dlatego mimowolnie drżymy podczas chłodów. Ponadto naczynia krwionośne skóry się zwężają i krew krąży głównie we wnętrzu ciała (dzięki temu maleją straty ciepła, ponieważ mniej go oddajemy do otoczenia). Człowiek ma szczątkowe owłosienie, które nie odgrywa istotnej roli w termoregulacji. Po ewolucyjnych przodkach został nam jednak sam mechanizm **stroszenia włosów** – gdy robi się zbyt zimno, dostajemy tak zwaną gęsiej skórki.

Zbyt zimno



Przystosowanie do niskiej temperatury otoczenia

Opisane mechanizmy termoregulacyjne są precyzyjnie sterowane przez ośrodki nerwowe znajdujące się w mózgowiu.

1.5. Podsumowanie

1. Skóra człowieka jest warstwą graniczną oddzielającą wnętrze ciała od środowiska zewnętrznego, chroniącą organizm przed wpływem szkodliwych substancji chemicznych, czynników fizycznych i biologicznych (np. przed drobnoustrojami). Uczestniczy w regulacji temperatury ciała i tworzeniu witaminy D3.

2. Skóra ma budowę warstwową. Składa się z naskórka i skóry właściwej. Pod skórą właściwą znajduje się termoizolacyjna warstwa podskórna zbudowana z tkanki tłuszczowej.

3. Zewnętrzne warstwy komórek naskórka stale rogowacieją i złuszcza się. W naskórku wytwarzana jest melanina – barwnik nadający barwę skórze i włosom. Wytworami naskórka są paznokcie (ochraniające opuszki palców) i włosy.

4. Skóra właściwa zawiera liczne włókna białkowe, naczynia krwionośne, gruczoły potowe i łojowe oraz receptory. Włókna kolagenowe nadają skórze sprężystość, włókna elastynowe – elastyczność.

5. Pot zawiera wodę, sól (chlorek sodu) oraz niewielkie ilości mocznika. Parujący pot ochładza powierzchnię skóry.

6. Gruczoły sutkowe wydzielają mleko. Gruczoły łojowe wydzielają łój natłuszczający włosy i naskórek, chroniący także skórę przed wysychaniem.

2. Wybrane problemy medyczne

2.1. Choroby skóry

Skóra nie tylko odzwierciedla stan zdrowia, ale jest swoistą estetyczną wizytówką każdego człowieka. W wieku dojrzewania częstą dolegliwością jest **trądzik pospolity** (młodzięńczy). Trądzik powstaje wtedy, gdy gruczoły łojowe produkują zbyt dużo łoju, a ten czopuje ujścia. W zaciniekowanych miejscach rozwijają się bakterie i powstaje stan zapalny. Elastyczność i sprężystość skóry maleje wraz z wiekiem. Dbłość o higienę skóry pozwala nam dzisiaj spowolnić te procesy.

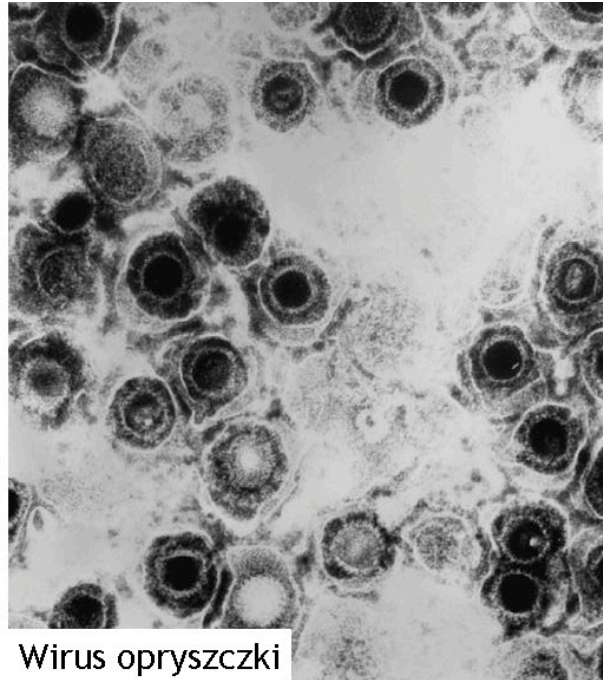


Dbajmy o codzienną higienę skóry

Do chorób skóry należą między innymi: wszawica, świerzb i opryszczka. **Wszawicę** wywołują wszy. Te bezskrzydłe owady żywią się krwią i uszkadzają skórę. **Świerzb** wywoływany jest przez innego uciążliwego pasożyta skóry – świerzbowca. Choroba objawia się swędzeniem i zaczerwienieniem skóry. **Opryszczka** jest chorobą wirusową (uwidacznia się na wargach).



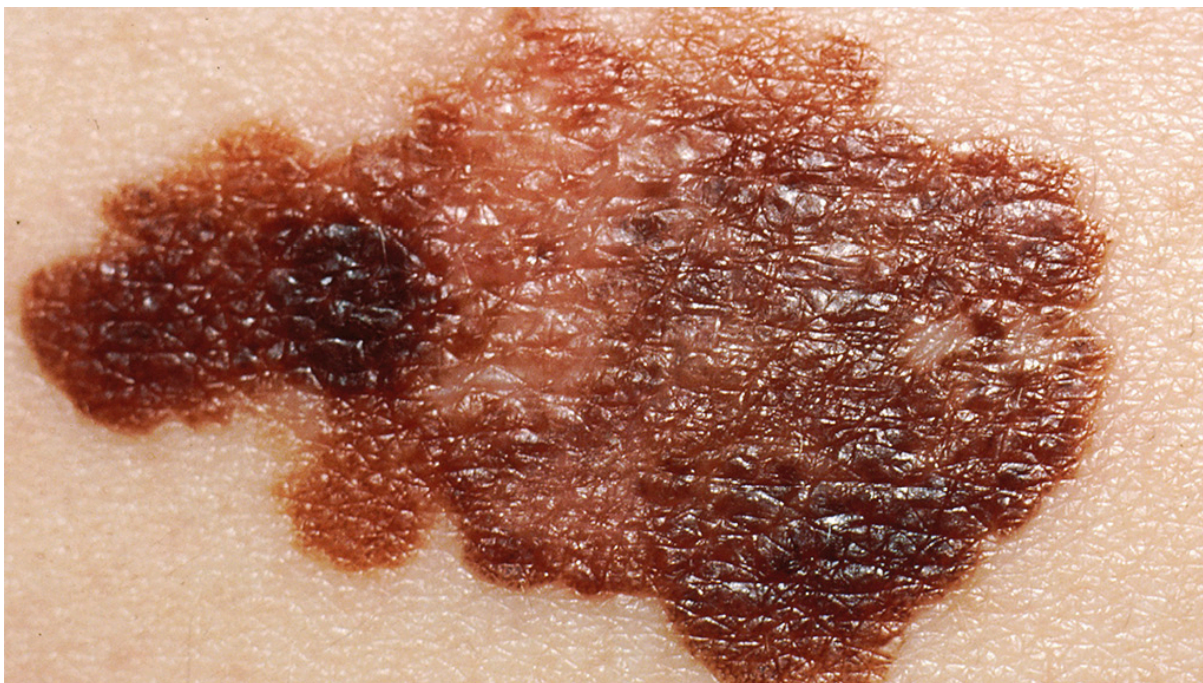
Wesz ludzka



Wirus opryszczki

Wesz ludzka i wirus opryszczki

Współcześnie wzrasta liczba zachorowań na **nowotwory skóry**. Zapewne część nich jest skutkiem nadmiernego opalania się. Najbardziej niebezpiecznym, złośliwym nowotworem skóry jest **czerniak złośliwy**. Bardzo ważna jest profilaktyka, dlatego w wypadku zauważenia na skórze niepokojącego objawu, na przykład powiększającego się i zmieniającego kształt znamienia, należy jak najszybciej skonsultować się z lekarzem dermatologiem.



Asymetryczny kształt i niejednolity kolor znamienia czerniaka

Nowotwory skóry, nawet czerniaka, można wyleczyć, ale niezwykle ważne jest rozpoznanie go we wczesnym stadium. By zmniejszyć ryzyko zachorowania na nowotwory skóry:

- opalaj się w ruchu
- stosuj kremy z filtrem UV (wysokim)
- raczej unikaj solariów
- niepokojące zmiany na skórze konsultuj z dermatologiem.



2.2. Podsumowanie

1. Dbłość o dobry stan skóry jest podstawą codziennej higieny ciała. Elementem higieny skóry jest nie tylko codzienne mycie, ale także racjonalne opalanie się i stosowanie kremów nawilżających z filtrami UV. Skórę należy również chronić przed oparzeniami (także słonecznymi) i odmrożeniami.

2. Zaczopowane gruczoły potowe są powodem występowania u wielu młodych ludzi trądziku pospolitego.

3. Skóra jest narażona na oddziaływanie wielu szkodliwych czynników. Na przykład nadmierne promieniowanie UV może wywołać raka skóry – czerniaka. Inne choroby skóry to wszawica, świerzb i opryszczka.

4. Każdą zmianę skórą związaną z przebarwieniami i znamionami należy

skonsultować z dermatologiem.

3. Panel kontrolny Rozdziału IX

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu IX (na www.terazwiedza.pl).

3.1. Polecenia kontrolne

Polecenia do lekcji 1. Budowa skóry i warstwy podskórnej

1. Wymień podstawowe funkcje skóry.
2. Narysuj i opisz schemat budowy skóry.
3. Wy tłumacz, na czym polega funkcja zmysłowa i funkcja termoregulacyjna skóry.
4. Omów przystosowanie budowy skóry do jej funkcji.
5. Wyjaśnij, jaką rolę odgrywają wytwory naskórka człowieka.

Polecenia do lekcji 2. Skóra – wybrane problemy medyczne

1. Opisz stan zdrowej skóry i wymień sposoby jej ochrony oraz pielęgnacji.
2. Zaproponuj sposoby ochrony skóry przed nadmiernym promieniowaniem UV.
3. Wymień trzy przykłady pasożytów skóry i omów ich szkodliwy wpływ na zdrowie człowieka.
4. Wy tłumacz, dlaczego niektóre zmiany skórne wymagają konsultacji lekarskiej.

3.2. Ważne pojęcia

• naskórek • skóra właściwa • warstwa podskórna • paznokcie • gruczoły: potowe, łojowe, mlekowe (sutkowe) • funkcje skóry: ochronna, zmysłowa, termoregulacyjna, wydzielnicza • trądzik młodzieńczy • choroby skóry: wszawica, świerzb, grzybice, nowotwory skóry (czerniak) • oparzenia • odmrożenia • dermatolog

System do nauki biologii online (LMS)



jeszcze więcej grafik i zdjęć



filmy



animacje



testy interaktywne.



www.terazwiedza.pl

Sprawdź już teraz!

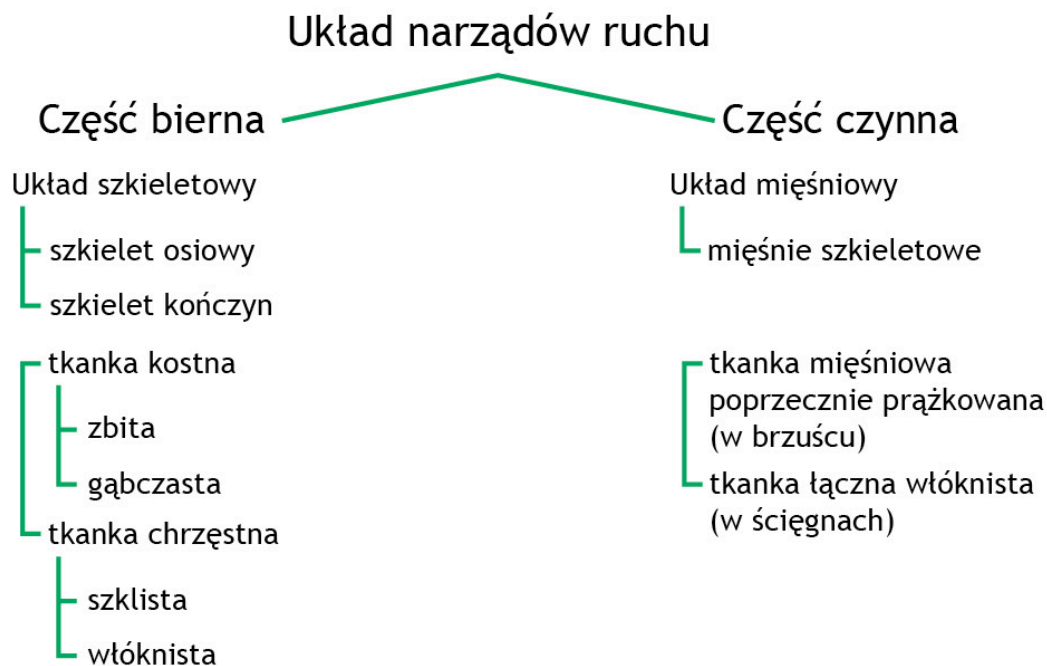
X. Układ narządów ruchu



1. Organizacja układu szkieletowego

1.1. Wstęp

Człowiek może wykonywać zarówno bardzo proste ruchy (np. zgiąć palec wskazujący), jak i ruchy bardzo złożone (np. podczas tańca albo pływania). W zależności od potrzeb **ruchy** wykonujemy z różną szybkością i siłą. Jest to możliwe, ponieważ w naszym organizmie funkcjonuje skomplikowany system dźwigni – **układ narządów ruchu** (nazywany czasem aparatem ruchu lub po prostu układem ruchu). Jak już wcześniej wspomnieliśmy, układ narządów ruchu składa się z części biernej – **układu szkieletowego** oraz części czynnej – **układu mięśniowego**.



Część bierna (kości) tworzy swoiste rusztowanie, na którym są niejako rozpięte kurczliwe elementy części czynnej (mięśnie szkieletowe).

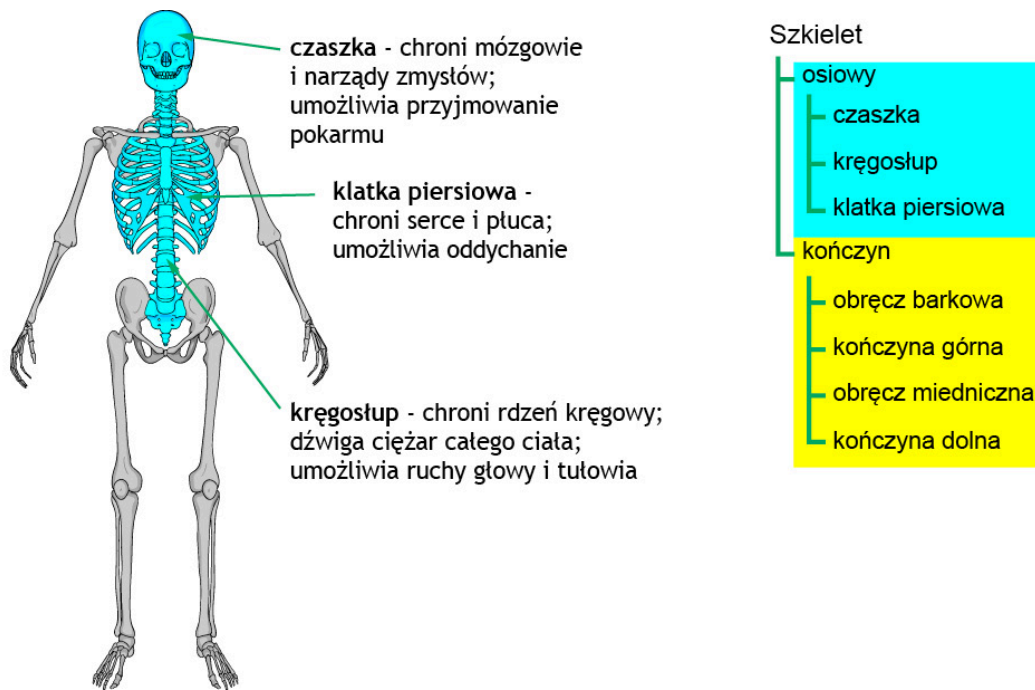
Układ szkieletowy zbudowany jest z tkanki łącznej oporowej: kostnej oraz chrzęstnej. Tkanka kostna buduje kości. Tkanka chrzęstna jest tworzywem budującym szkielet człowieka we wczesnym okresie płodowym. Z czasem elementy chrzęstne szkieletu kostnieją, ale w pewnych miejscach chrząstki funkcjonują przez całe życie. Takie miejsca to na przykład powierzchnie stawów i połączenia żeber z mostkiem.

Szkielet człowieka tworzy ponad 200 **kości**. Ze względu na położenie,

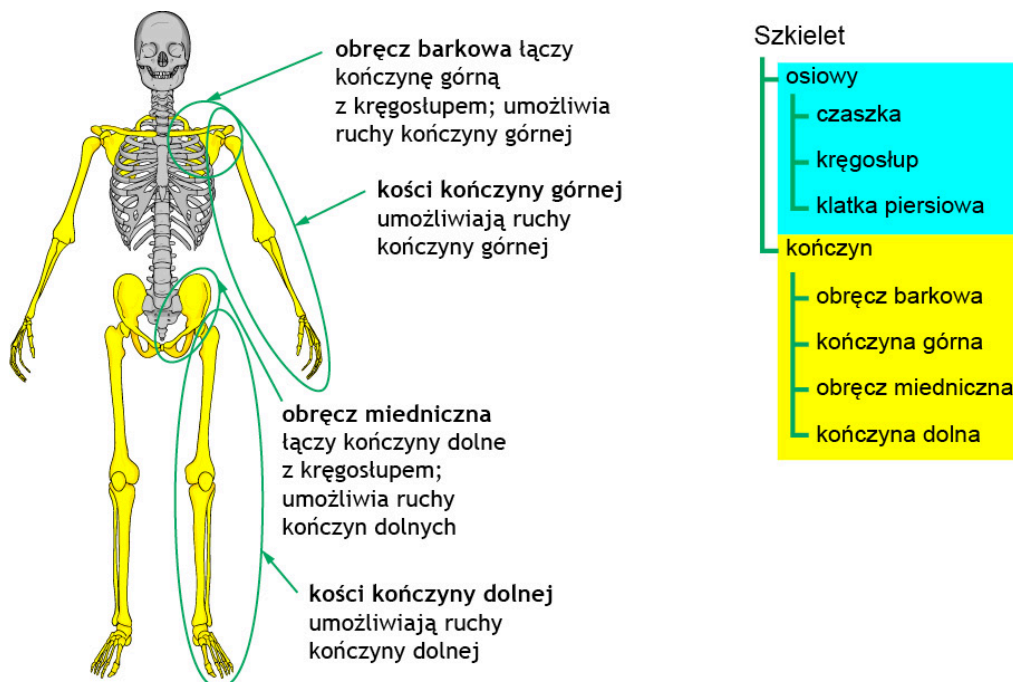
funkcję i budowę jego elementów wyróżniamy: **szkielet osiowy** oraz **szkielet kończyn**.

W skład szkieletu osiowego wchodzi **czaszka** i **kręgosłup**. Szkielet kończyn tworzą: **kości kończyn górnych z obręczą barkową** oraz **kości kończyn dolnych z obręczą miedniczną**.

Kości w szkielecie człowieka rozmieszczone są symetrycznie (prawa i lewa część szkieletu jest taka sama).



Szkielet człowieka - podział ogólny z zaznaczeniem szkieletu osiowego



Szkielet człowieka - podział ogólny z zaznaczeniem szkieletu kończyn

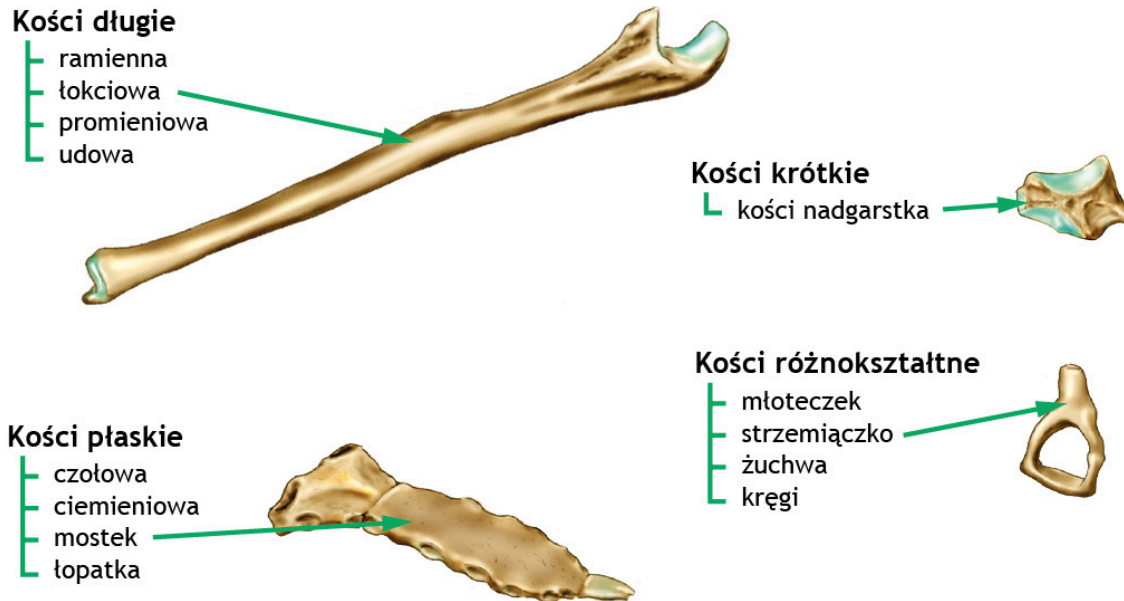
Szkielet człowieka pełni liczne funkcje. Przede wszystkim nadaje zasadniczy kształt ciała i umożliwia utrzymanie **postawy pionowej**. Ponadto szkielet chroni delikatne narządy wewnętrzne (m.in. mózgowie, płuca i serce). Elementy układu szkieletowego odgrywają też istotną rolę w wymianie gazowej (sprężystość klatki piersiowej jest niezbędna do wentylacji płuc), wytwarzają komórki krwi (czerwony szpik kostny), a nawet stanowią magazyn substancji mineralnych (np. wapnia). Niewielkie kości znajdujące się w czaszce umożliwiają odbieranie dźwięków (kostki słuchowe w uchu środkowym).

1.2. Budowa kości

Kości różnią się wielkością i kształtem. Ze względu na kształt kości podzielono na: długie, krótkie, płaskie i różnokształtne. Budowa zewnętrzna i wewnętrzna kości świadczy o ich doskonałym przystosowaniu do pełnienia określonych funkcji.

Kości długie tworzą w kończynach masywne ramiona dźwigni umożliwiających poruszanie się. W budowie zewnętrznej kości długiej wyróżniamy trzon i dwie nasady (bliższą i dalszą). Nasady są rozszerzone i częściowo pokryte chrząstką odporną na ścieranie. Trzon kości jest wąski i wydłużony. **Kości płaskie** są wyraźnie spłaszczone (najczęściej pełnią

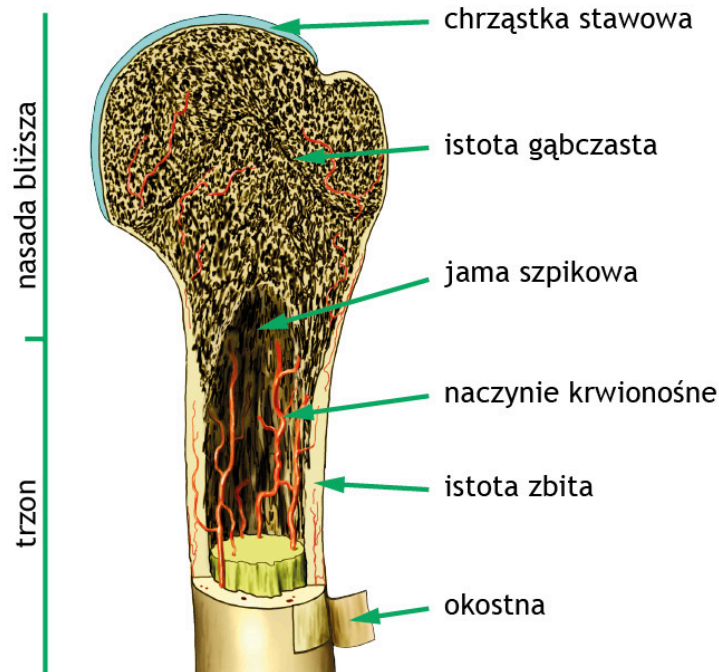
funkcję ochronną, jedynie łopatka jest miejscem przyczepu mięśni poruszających ramionami). **Kości krótkie** mają zbliżoną długość, szerokość i grubość. Są bardzo odporne na złamania. **Kości różnokształtne** mają nieregularny kształt i są najbardziej zróżnicowane pod względem funkcji.



Podział kości ze względu na kształt

Kości pokryte są **okostną**. Jest to łącznotkankowa błona, w której przebiegają naczynia krwionośne i nerwy (z zakończeniami czuciowymi). Elementy te wnikają do wnętrza kości. Naczynia krwionośne dostarczają do kości substancje odżywcze i tlen, usuwają zaś produkty przemiany materii. W okostnej znajdują się także komórki kościotwórcze uczestniczące w regenerowaniu kości po złamaniu.

Nasady kości buduje **tkanka kostna gąbczasta**. Dzięki temu nasady są stosunkowo lekkie i sprężyste. Sprężystość ta jest niewielka, ale w dostatecznym stopniu amortyzuje przeciążenia i wstrząsy powstające w pracujących stawach (np. podczas skakania lub biegania). Trzon kości długich buduje **tkanka kostna zbita** nazywana inaczej istotą zbitą. Ta część kości jest ciężka, sztywna i odporna na złamania. W trzonie znajduje się jama szpikowa wypełniona **szpikiem kostnym**. Szpik kostny zajmuje także przestrzenie między beleczkami kostnymi istoty gąbczastej.



Budowa wewnętrzna kości długiej

Szpik kostny ma konsystencję galaretowatą. W szpiku kostnym czerwonym znajdują się **komórki krwiotwórcze**. Nieustannie się dzielą, wytwarzając komórki krwi oraz płytki krwi. Dzieci mają tylko **szpik kostny czerwony**. Z wiekiem część tego szpiku przekształca się w szpik kostny żółty. Składa się on przede wszystkim z tkanki łącznej tłuszczowej i nie wytwarza komórek krwi.

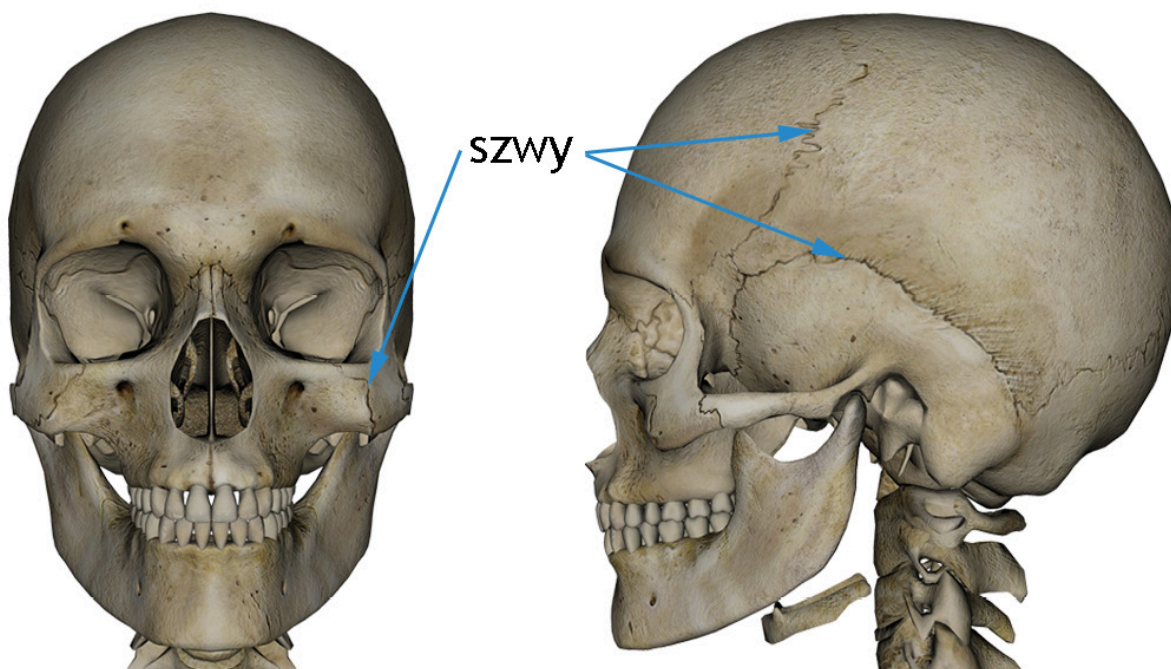
1.3. Połączenia w układzie szkieletowym

W szkielecie występuje kilka rodzajów połączeń kości: szwy, zrosty i stawy.

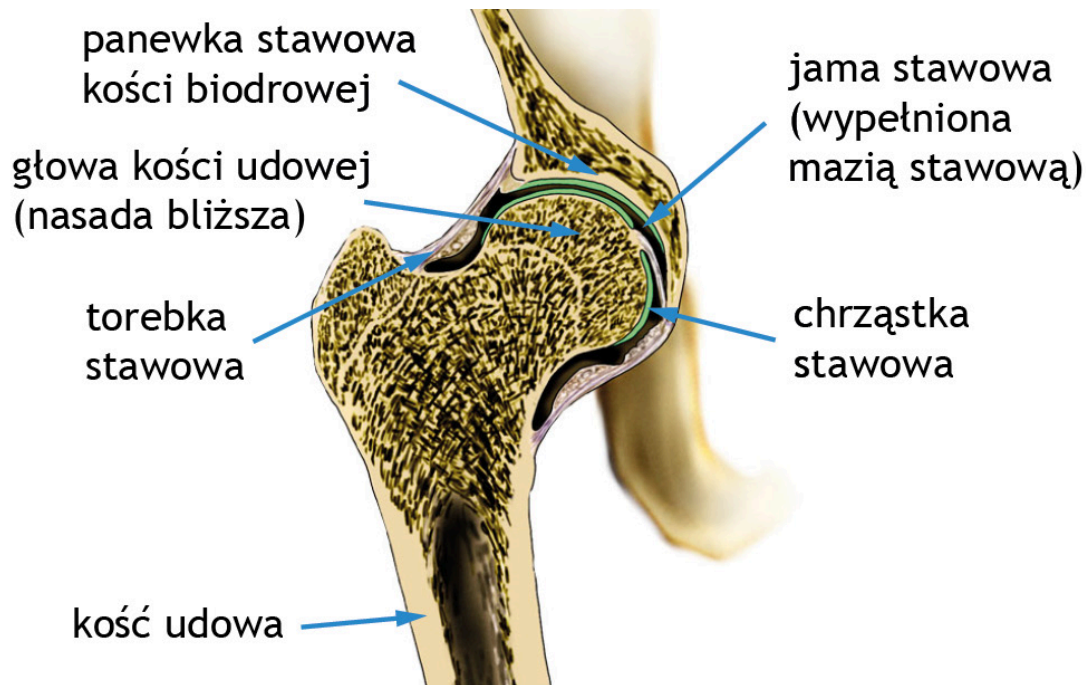
Połączenia w szkielecie (między sąsiednimi kośćmi)

- ściste (nieruchome lub o bardzo ograniczonej ruchomości)
 - szwy
 - zrosty
- stawy (ruchome; zakres ruchomości jest różny)

Szwy i zrosty są połączeniami ścisłymi. Elementy połączone w ten sposób nie mają możliwości wykonania ruchu lub wykonują ruchy bardzo ograniczone. W szwach sąsiadujące kości łączy cienka, mocna warstwa tkanki łącznej włóknistej, która z wiekiem ulega skostnieniu. Szwy łączą ze sobą kości mózgowcowej (podstawowym zadaniem mózgowcowej jest ochrona delikatnego mózgowia). Jeśli kości połączone są ze sobą za pośrednictwem tkanki chrzęstnej, to są to chrząstkozrosty. Chrząstkozrostami są **krażki międzykręgowe** (oddzielają kręgi i amortyzują wstrząsy) oraz chrzęstne połączenia żeber z mostkiem (zapewniają sprężystość klatki piersiowej).



Stawy są połączeniami ruchomymi. Staw tworzą: **powierzchnie stawowe kości, jama stawowa** oraz **torebka stawowa**. Jama stawowa wypełniona jest **mazią stawową** – tłustą wydzieliną torebki stawowej. Zadaniem mazi jest zmniejszanie tarcia (tzw. smarowanie stawu). Zwykle ściana torebki stawowej wzmocniona jest **więzadłami**. Jeśli nasada jednej kości ma kształt wypukły, nazywamy ją głową. W takim stawie nasada drugiej kości jest wklęsła – tworzy panewkę stawową. Na przykład w stawie biodrowym głowa kości udowej wchodzi w panewkę kości miednicznej, a w stawie barkowym głowa kości ramiennej wchodzi w panewkę łopatki.



Budowa stawu biodrowego

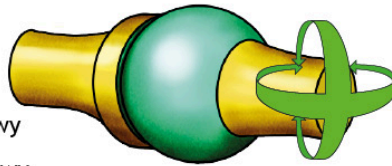
Stawy różnią się sposobem uformowania powierzchni i mają inny zakres ruchomości. Wyróżniamy między innymi stawy kuliste, zawiasowe, obrotowe i płaskie.

Stawy kuliste mają największy zakres ruchomości, ponieważ głowa ma kształt kulisty, a panewka jest kulistym zagłębieniem. Ruchy wykonywane są we wszystkich trzech płaszczyznach. **Stawy zawiasowe** pozwalają jedynie na ruch zginania i prostowania (jest to ruch w jednej płaszczyźnie). W stawie zawiasowym jedna powierzchnia stawowa ma kształt walca, druga – odpowiadającej mu krótkiej rynny. **Stawy obrotowe** pozwalają tylko na ruch obrotowy. Tak jak w przypadku stawów zawiasowych jest to ruch w jednej płaszczyźnie. W **stawach płaskich** powierzchnie stawowe są prawie zupełnie płaskie i umożliwiają tylko niewielkie ślizganie się kości względem siebie w jednej płaszczyźnie.

Stawy:

kuliste

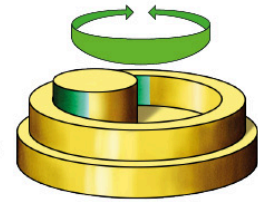
- staw barkowy
- staw biodrowy



Obrót we wszystkich płaszczyznach

obrotowe

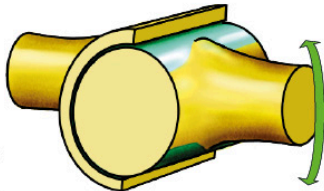
- staw między pierwszym i drugim kręgiem kręgosłupa



Obrót wokół jednej osi

zawiasowe

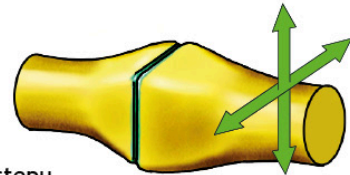
- staw łokciowy
- staw kolanowy
- staw pomiędzy atlasem a czaszką



Zasadniczo ruch w jednej płaszczyźnie

płaskie

- między kośćmi nadgarstka
- między kośćmi stępu



Niewielkie przesunięcie w jednej płaszczyźnie

Połączenia stawowe

Budowa, a częściowo także kształt kości, zmieniają się z wiekiem. Szkielet małego dziecka zawiera dużo elementów chrzęstnych. Dzięki temu jest lekki i mniej podatny na złamania. W okresie dojrzewania chrzęstne partie nasad kości długich szybko się wydłużają (stąd określenie skok pokwitaniowy). Proces kostnienia szkieletu ostatecznie kończy się około 23-25 roku życia. W starszym wieku w kościach zmniejsza się zawartość białek i wapnia.

1.4. Podsumowanie

1. Układ ruchu człowieka tworzą: szkielet (część bierna) oraz mięśnie (część czynna).
2. Szkielet, poza funkcją lokomotoryjną, chroni narządy wewnętrzne (np. mózgowie, serce, płuca), jest rezerwuarem wapnia i fosforu oraz uczestniczy w tworzeniu krwi (w szpiku kostnym).
3. W szkielecie wyróżnia się szkielet osiowy oraz szkielet kończyn. Szkielet osiowy tworzą: czaszka, kręgosłup, mostek i żebra. Szkielet kończyn stanowią kości kończyn górnych z obręczą barkową oraz kości kończyn dolnych z obręczą miedniczną. Obręcze łączą kości kończyn ze szkieletem osiowym (kręgosłupem).
4. Kości okryte są unerwioną i unaczynioną błoniastą okostną. Okostna

uczestniczy we wzroście i regeneracji kości.

5. Kości ze względu na kształt dzielą się na: długie (np. kość ramienna, udowa, żebra), krótkie (kości nadgarstka i stępu), płaskie (np. łopatki, mostek) i różnokształtne (np. żuchwa).

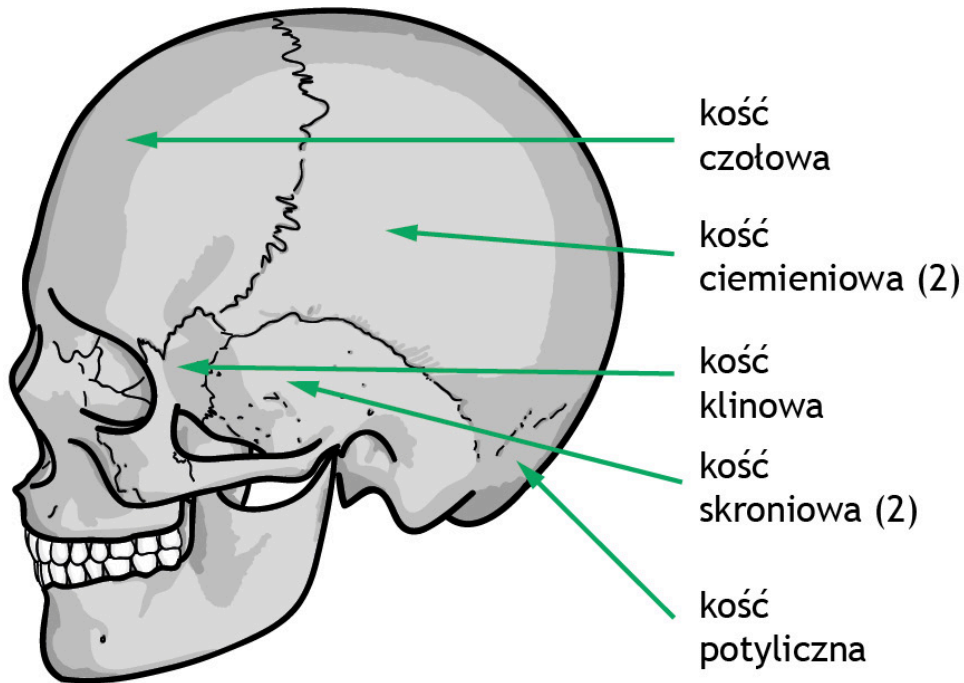
6. W kościach długich kończyn wyróżnia się nasady utworzone z istoty gąbczastej oraz trzon zbudowany z istoty zbitej. Wnętrze kości długich wypełnia szpik kostny z komórkami krwiotwórczymi.

7. Kości połączone są ze sobą ruchomo lub nieruchomo. Ruchome połączenia kości nazywamy stawami. Nieruchome połączenia to szwy (tak zespolone są kości mózgoczaszki) i zrosty (połączenia żeber z mostkiem).

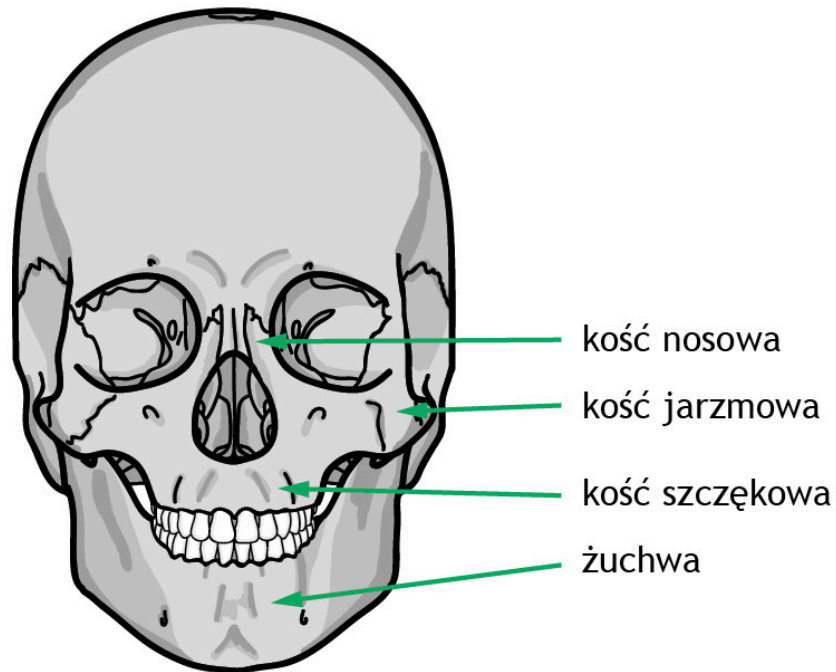
2. Szkielet człowieka - budowa i funkcje

2.1. Czaszka

Czaszka składa się z dwóch części: mózgoczaszki i trzewioczaszki. **Mózgoczaszkę** człowieka tworzy 7 kości, które są połączone charakterystycznymi szwami. Razem kości te tworzą mocną i dość sprężystą puszkę ochraniającą mózgowie.

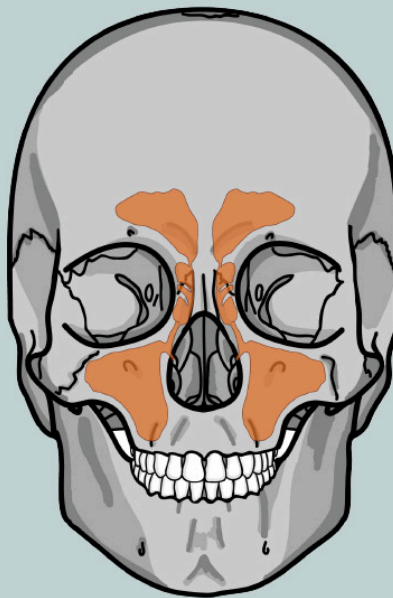


Trzewioczaszkę tworzy kilkanaście kości różnego kształtu. Kości te chronią oczy, narząd powonienia, narząd smaku i częściowo także narząd słuchu. W trzewioczaszce znajduje się jedyna ruchoma kość całej czaszki – żuchwa. Pozostałe kości czaszki są ze sobą zrośnięte. W żuchwie i szczęcie osadzone są **zęby**, kości te tworzą więc narząd żucia. Niewielkie różnice w wielkości i ukształtowaniu powierzchni kości trzewioczaszki powodują, że każdy człowiek ma indywidualne rysy twarzy.



Ciekawe!

Niektóre kości czaszki, na przykład kości klinowe, kość sitowa i kość czołowa, mają wewnątrz puste przestrzenie (zaznaczone na rycinie poniżej). To **zatok** powodujące, że kości są lekkie i pomagają w ogrzewaniu i nawilżaniu powietrza. Przestrzenie zatok są też rezonatorami dźwięku i wpływają na barwę głosu.

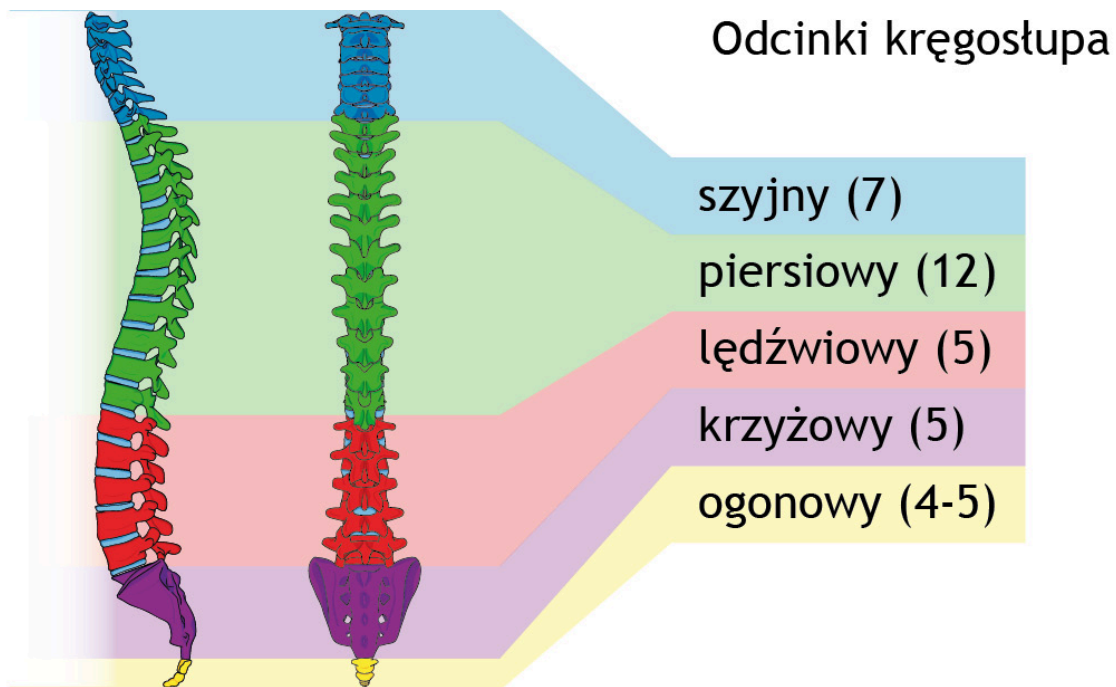


2.2. Kręgosłup

Kręgosłup jest esowato wygiętą kolumną składającą się z 33 lub 34 kości

– **kręgów** (jest to cecha osobnicza, czyli indywidualna). Kręgosłup stanowi główną podporę ciała.

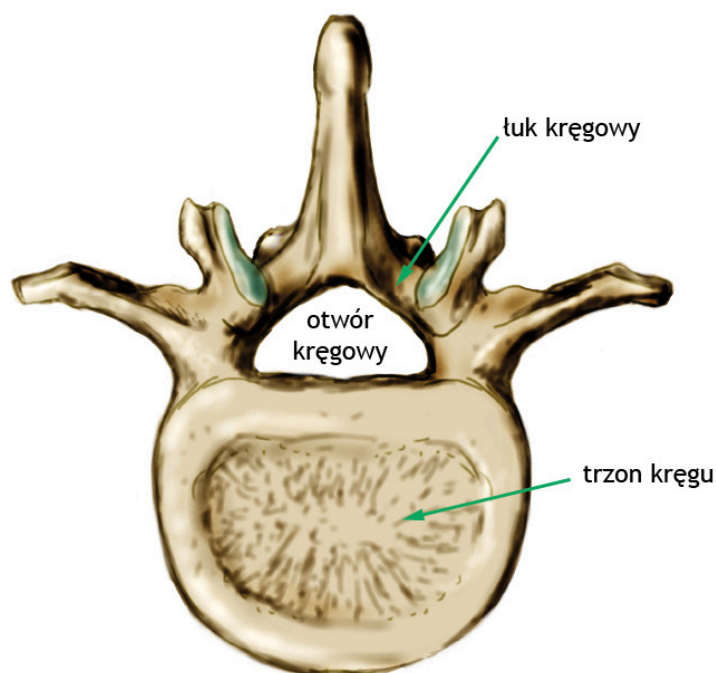
W kręgosłupie wyróżnia się 5 odcinków: szyjny, piersiowy, lędźwiowy, krzyżowy i ogonowy. **Odcinek szyjny** tworzy 7 kręgów. Pierwszy i drugi kręg szyjny dają możliwość wykonywania głową różnych ruchów obrotowych i potakujących. **Odcinek piersiowy** tworzy 12 kręgów piersiowych, które współtworzą klatkę piersiową. **Odcinek lędźwiowy** tworzy 5 masywnych kręgów lędźwiowych dźwigających ciężar górnej części ciała. **Odcinek krzyżowy** stanowi 5 kręgów zrośniętych w mocną kość krzyżową. Kość krzyżowa łączy się połączeniem ścisłym z kością miedniczną. **Odcinek ogonowy** (guziczny) ma 4 lub 5 kręgów zrośniętych w kość ogonową.



Kręgosłup - widok z boku i od przodu (w nawiasach podaliśmy liczbę kręgów)

Z boku kręgosłup osoby zdrowej przypomina wydłużoną, podwójną literę S. W odcinku szyjnym i lędźwiowym kręgosłup jest nieznacznie wygięty do przodu. Takie wygięcia są **naturalnymi lordozami**. W odcinku piersiowym i krzyżowym kręgosłup jest nieznacznie wygięty do tyłu. Takie wygięcia są **naturalnymi kifozy**. Naturalne lordozy i kifozy oraz łącznotkankowe krążki międzykręgowe powodują, że kręgosłup jest dość sprężysty i amortyzuje obciążenia.

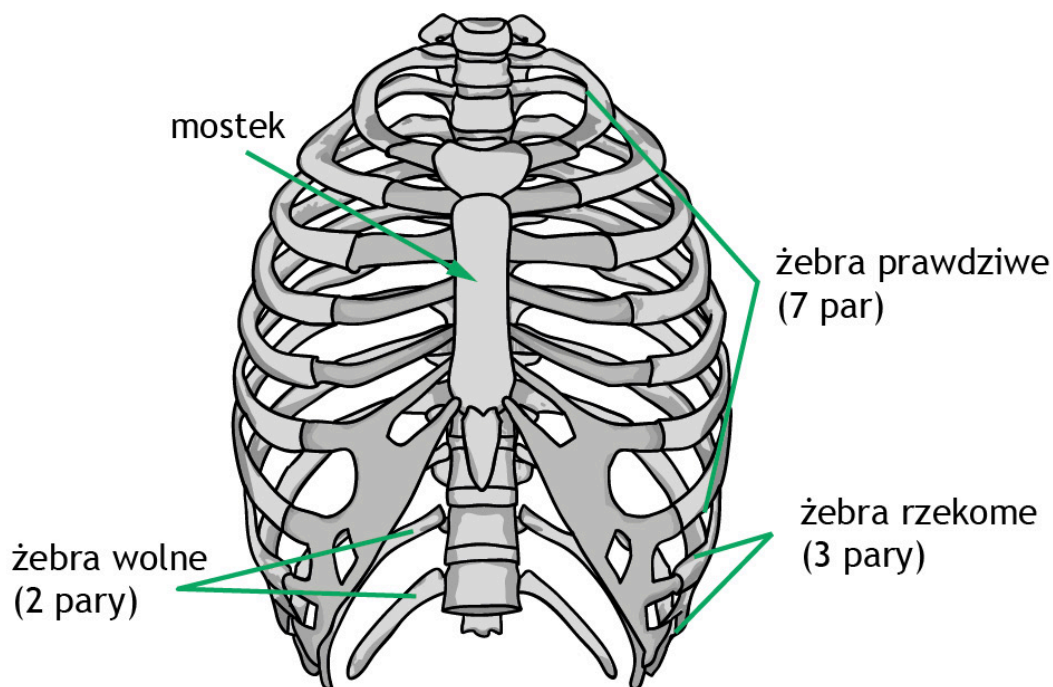
Typowe **kręgi** składają się z dwóch zasadniczych elementów: trzonu i łuku. **Trzon** ma kształt masywnego, spłaszczonego walca. Między trzonami kręgów znajdują się chrzęstne krążki międzykręgowe. Ich zadaniem jest amortyzowanie wstrząsów. **Łuk kręgowy** otacza otwór kręgowy. Otwory kręgowe kolejnych kręgów kręgosłupa tworzą kanał kręgowy, który jest swoistym tunelem ochraniającym rdzeń kręgowy. Budowa kręgosłupa umożliwia niewielkie przesunięcia kręgów względem siebie – możemy więc wyginać szyję i tułów.



Budowa kręgu piersiowego

2.3. Klatka piersiowa

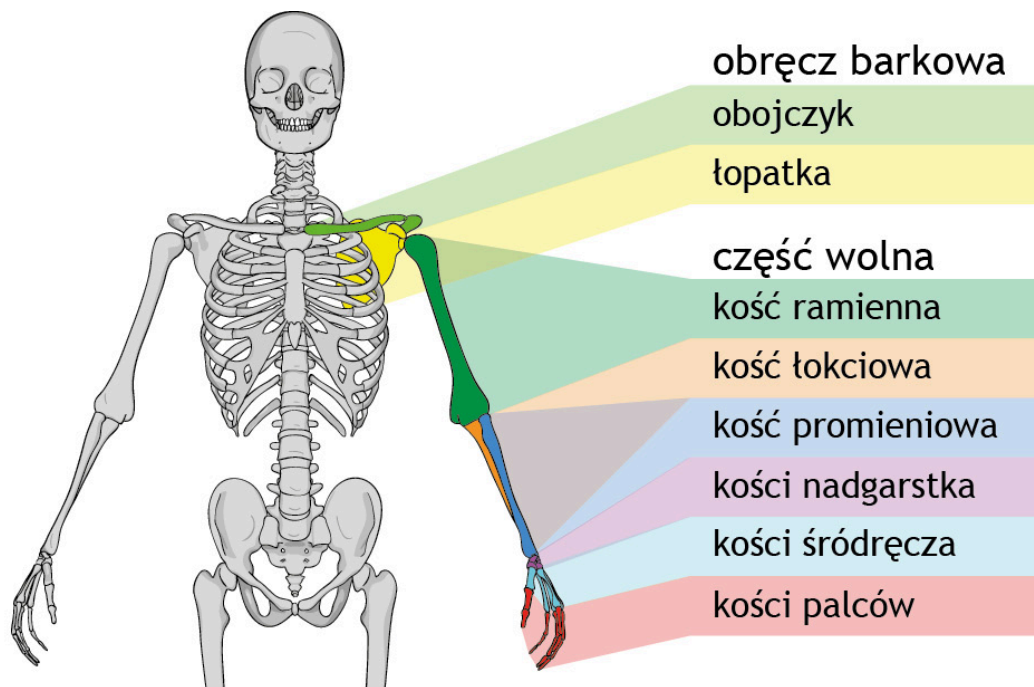
Klatka piersiowa jest ażurowa, sprężysta i zbudowana z 12 par żeber, **mostka** oraz 12 kręgów odcinka piersiowego kręgosłupa. **Żebra** dzielą się na prawdziwe, rzekome i wolne. Żebra prawdziwe łączą się bezpośrednio z mostkiem (chrząstkozrostami). Żebra rzekome połączone są z mostkiem chrząstką siódmej pary żeber prawdziwych (jest to więc połączenie pośrednie). Żebra wolne nie są połączone z mostkiem.



Budowa klatki piersiowej

2.4. Szkielet kończyn

Szkielet kończyn górnych składa się z kości obręczy barkowej i części wolnej. W skład obręczy barkowej wchodzi 2 łopatki i 2 obojczyki. **Łopatki** przylegają do górnych, tylnych partii żeber. **Obojczyki** są wydłużone i łączą łopatki z mostkiem. Część wolna kończyny górnej składa się z **ramienia**, **przedramienia** i **ręki**. Odcinki ręki to: **nadgarstek**, **śródręcze** i **palce**. Ramię tworzy kość ramienna, przedramię – kość łokciowa i kość promieniowa. Nadgarstek tworzy 8 kości krótkich, dalej jest 5 kości śródręcza i kości palców (palciczki). Kciuk jest palcem **przeciwstawnym**.

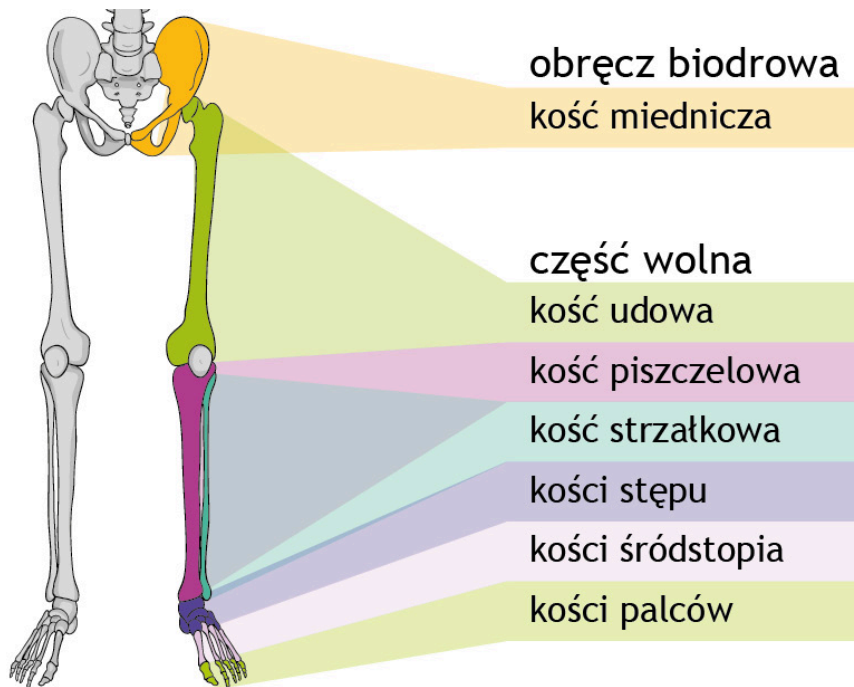


Szkielet kończyny górnej

Duża liczba zestawionych ruchomo kości pozwala nam na wykonywanie skomplikowanych **ruchów manipulacyjnych**.

Szkielet kończyn dolnych składa się z kości obręczy miednicznej i części wolnej. W skład obręczy wchodzi dwie **kości miedniczne**, mocno zrośnięte z kością krzyżową. Część wolna kończyny dolnej składa się z **uda**, **podudzia** i **stopy**. Odcinki stopy to: **stęp**, **śródstopie** i **palce**. Udo tworzy gruba i długa kość udowa, podudzie – kości: piszczelowa i strzałkowa. Stęp tworzy 7 masywnych kości krótkich, dalej jest 5 kości śródstopia i kości palców (palciki).

Kości w kończynach dolnych są masywniejsze niż w górnych, ponieważ utrzymują ciężar całego ciała i umożliwiają **dwunożną lokomocję**.



Szkielet kończyny dolnej

2.5. Podsumowanie

1. W czaszce wyróżnić można dwie części: mózgowczaszkę i trzewioczaszkę.
2. Kręgosłup składa się z kręgów i położonych między nimi krążków międzykręgowych (popularnych dysków). W kręgosłupie wyróżnia się odcinki: szyjny (7 kręgów), piersiowy (12 kręgów), lędźwiowy (5 kręgów), krzyżowy (5 kręgów) i ogonowy (4-5 kręgów). Esowate wygięcie kręgosłupa amortyzuje wstrząsy.
3. Klatka piersiowa jest zbudowana z 12 par żeber, mostka oraz 12 kręgów odcinka piersiowego kręgosłupa. Chroni narządy wewnętrzne i umożliwia wentylację płuc.
4. Budowa kończyn górnych umożliwia wykonywanie złożonych czynności manipulacyjnych. Szkielet kończyny górnej składa się z kości ramiennej, łokciowej, promieniowej i kości dłoni. Konstrukcja kończyn dolnych umożliwia dwunożny chód. Szkielet kończyny dolnej tworzą kości: udowa, piszczelowa, strzałkowa, stopy oraz rzepka osłaniająca staw kolanowy.

3. Układ mięśniowy

3.1. Organizacja układu mięśniowego

Układ mięśniowy człowieka tworzy ponad 400 **mięśni**. Ze względu na położenie, funkcję i budowę elementów wyróżniamy mięśnie głowy, szyi, grzbietu, klatki piersiowej, brzucha oraz kończyn górnych i kończyn dolnych. Układ mięśniowy jest symetryczny.

Wśród licznych mięśni głowy ze względu na siłę skurczów wyróżnia się mięsień żwacz. Skurcze żwacza umożliwiają nam gryzienie i żucie. Z kolei mięśnie mimiczne zmieniają wyraz twarzy. Jeszcze inne mięśnie pozwalają mrugać powiekami i poruszać gałkami ocznymi.

W tułowiu zwraca uwagę mięsień prosty brzucha (umożliwia zginanie) oraz mięsień najszerszy grzbietu (umożliwia prostowanie tułowia). Mięsień piersiowy większy i naramienny odgrywają ważną rolę w ruchach kończyny górnej. Mięsień dwugłowy ramienia (popularnie nazywany bicipsem) i mięsień trójgłowy ramienia umożliwiają zginanie i prostowanie przedramienia. Jeszcze bardziej masywne są mięśnie poruszające kończynami dolnymi, na przykład mięsień pośladkowy wielki czy mięsień czworogłowy uda.



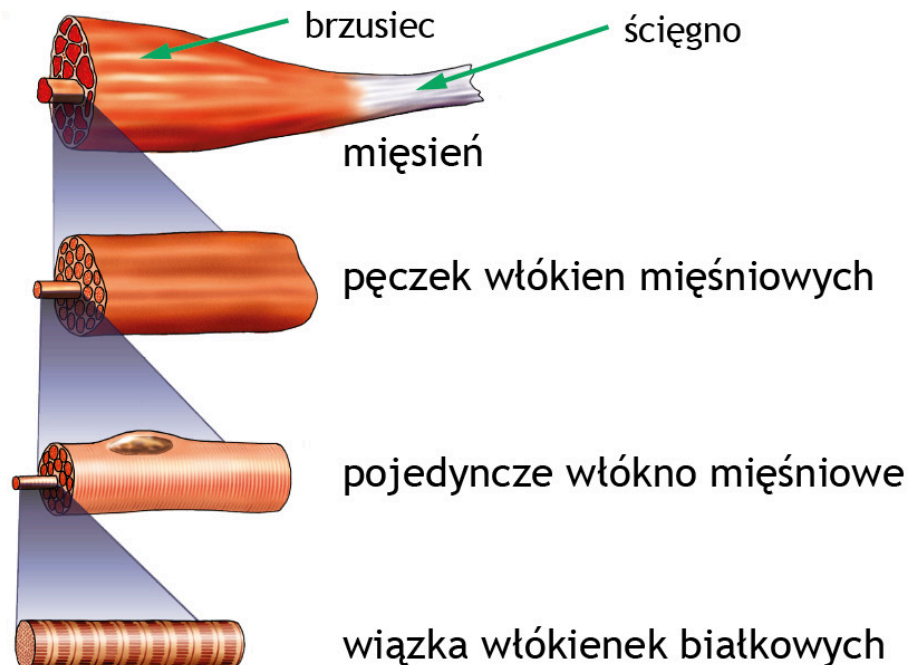
Muskulatura człowieka od przodu



Muskulatura człowieka od tyłu

3.2. Budowa mięśnia szkieletowego

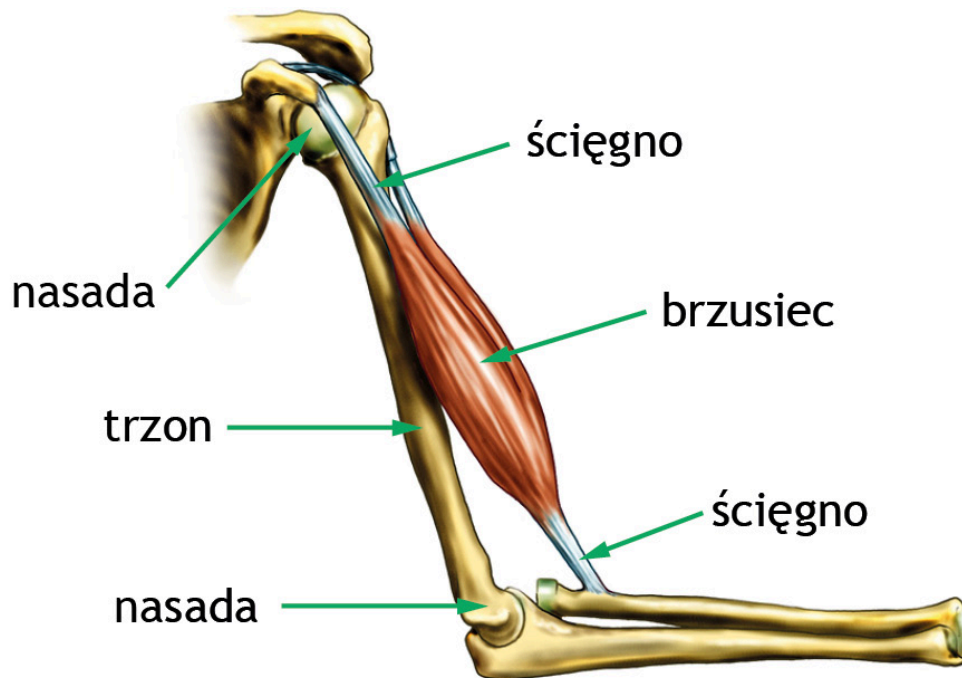
Budowa mięśni szkieletowych świadczy o ich doskonałym przystosowaniu do pełnienia podstawowej funkcji. W budowie zewnętrznej typowego mięśnia szkieletowego wyróżniamy brzusiec i ścięgna. **Ścięgna** są niekurczliwe i zrastają się z kośćmi. **Brzusiec** jest częścią kurczliwą mięśnia. Niektóre mięśnie mają więcej brzuśców – dwa, trzy lub cztery. Mięśnie szkieletowe są przy tym bardzo dobrze ukrwione i unerwione.



Organizacja mięśnia szkieletowego

Ścięgna buduje tkanka łączna włóknista. Dzięki temu ścięgna są bardzo wytrzymałe na rozerwanie. Ma to istotne znaczenie w przenoszeniu siły kurczącego się brzusca na kości. Największym ścięgnem jest **ścięgno Achillesa**, które łączy mięsień brzuchaty łydki z kością piętową. Ścięgno Achillesa jest bardzo mocne, ale dość często nadmierne przeciążenie prowadzi do jego zerwania.

Brzusiec mięśnia szkieletowego budują wielojądrowe komórki tkanki mięśniowej poprzecznie prążkowanej. W jednym mięśniu mogą się znajdować tysiące równoległe ułożonych komórek mięśniowych (włókien). Komórki mięśniowe zebrane są w charakterystyczne pęczki.



Kości i mięśnie tworzą system dźwigni

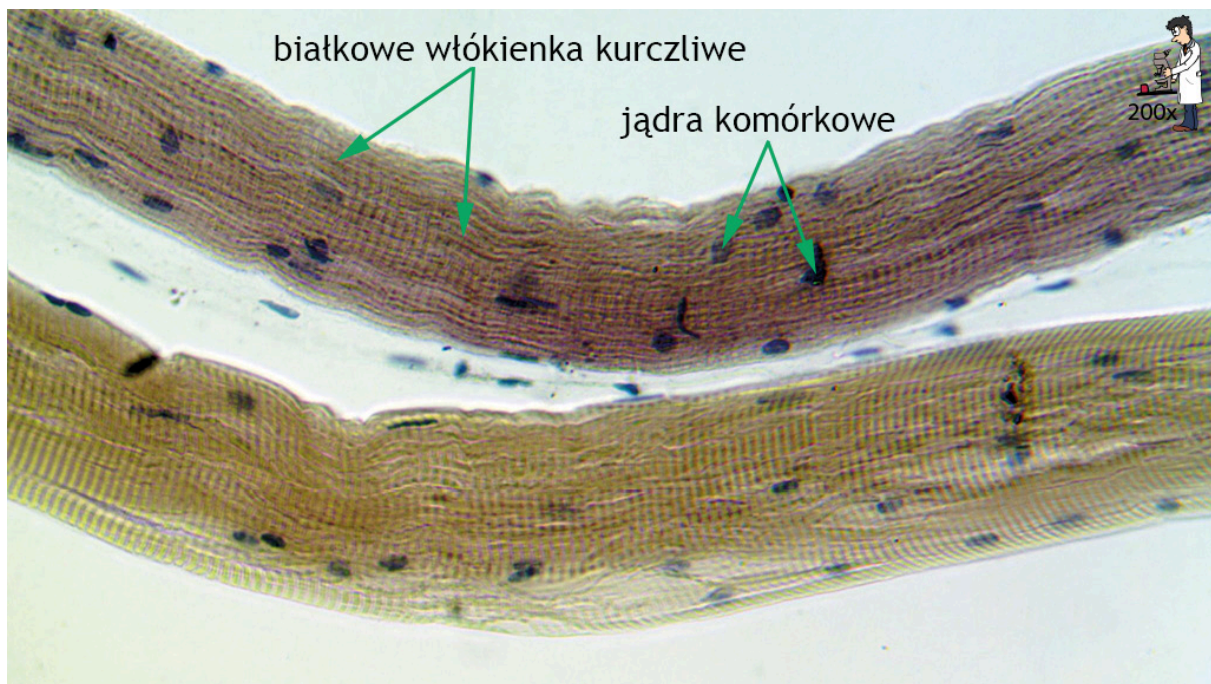
3.3. Podsumowanie

1. Mięśnie szkieletowe zbudowane są z wydłużonych, wielojądrowych komórek (włókien mięśniowych).
2. Główną masę mięśnia tworzy brzusiec. Jest on połączony z kośćmi za pomocą ścięgien. Działanie mięśni na ten sam staw jest przeciwstawne (antagonistyczne). Na przykład zginacze zginają, a prostowniki prostują rękę lub nogę.

4. Praca mięśni szkieletowych

4.1. Wstęp

Każda komórka mięśnia szkieletowego niemal całkowicie wypełniona jest **włóknkami białkowymi** ułożonymi ciasno i regularnie. Są dwa rodzaje takich włókień, jedne zbudowane są z białka **aktyny**, drugie – z **miozyny**. W każdej komórce mięśniowej znajdują się także setki **mitochondriów**, które wytwarzają bardzo duże ilości ATP.



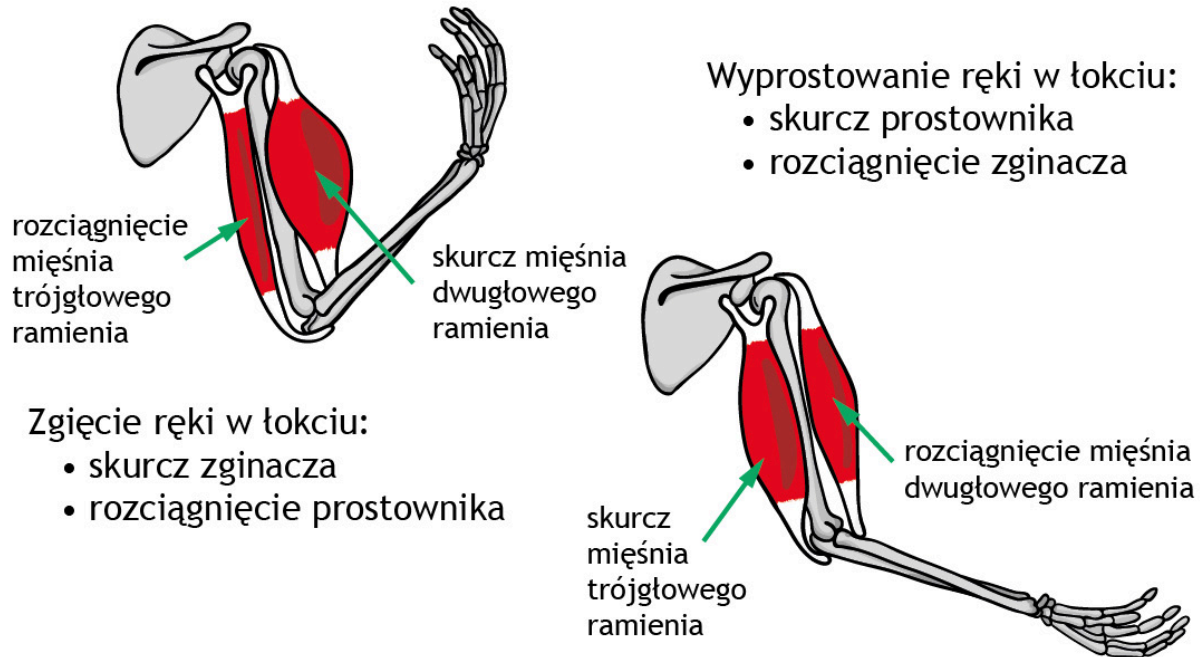
Pęczki włókien mięśniowych poprzecznie prążkowanych

4.2. Skurcz i rozkurcz mięśni szkieletowych

W czasie skurczu, dzięki energii uwolnionej z ATP, włóknka białkowe wsuwają się między siebie. Prowadzi to do **skracania** komórki mięśniowej. Siła skurczu całego mięśnia zależy przede wszystkim od tego, ile komórek mięśniowych uległo skróceniu w danym momencie.

Mięśnie mogą się aktywnie **kurczyć**, ale nie potrafią się same rozkurczać. Najczęściej rozkurcz (rozciągnięcie) określonego mięśnia szkieletowego wymaga skurczu innego mięśnia. Przykładem mogą być: mięsień dwugłowy ramienia i mięsień trójgłowy ramienia. Skurcz pierwszego z nich powoduje przyciągnięcie przedramienia (kończyna górna zgina się w stawie

łokciowym) i jednocześnie rozciągnięcie drugiego mięśnia. Skurcz drugiego wywołuje skutek odwrotny – kończyna górna prostuje się w stawie łokciowym, a mięsień dwugłowy zostaje rozciągnięty. A zatem mięśnie te tworzą parę **pracującą przeciwstawnie**, czyli antagonistycznie (jeden jest **zginaczem**, drugi **prostownikiem**). W układzie mięśniowym takich antagonistycznych par jest bardzo wiele.



Skurcz i rozkurcz mięśni ramienia (zgięcie następuje w stawie łokciowym, łączącym ramię z przedramieniem)

Precyzja, szybkość i siła wykonywanych ruchów zależą od pobudzenia impulsami nerwowymi bardzo różnych mięśni. Dopiero skomplikowana i skoordynowana w czasie praca ponad 200 mięśni umożliwia człowiekowi zwykły spacer. Pływanie lub taniec angażują jeszcze większą liczbę mięśni.

4.3. Podsumowanie

1. Połączenia stawowe kości tworzą system dźwigni poruszanych siłą skurczów mięśni poprzecznie prążkowanych (tzw. szkieletowych).
2. Współdziałanie obu części układu narządów umożliwia wykonywanie ruchów o różnym stopniu złożoności. Pracą układu ruchu steruje układ nerwowy.
3. Skurcz mięśni polega na wsuwaniu się (ślizganiu się) względem siebie

włókienek białkowych komórek mięśniowych.

4. Praca mięśni wymaga dostarczenia dużych ilości energii. Źródłem energii dla skurczu mięśni jest oddychanie tlenowe. Przy braku tlenu glukoza rozkładana jest beztlenowo do kwasu mlekowego. Mięśnie pracujące w warunkach beztlenowych mają małą wydajność.

5. Wybrane problemy medyczne układu ruchu

5.1. Wady postawy i choroby układu ruchu

Dbłość o utrzymanie wysokiej sprawności układu ruchu jest podstawą dobrego zdrowia, dlatego każdy, bez względu na wiek, powinien zachowywać odpowiednią aktywność fizyczną. Najlepiej regularnie stosować **różne formy ruchu**. Pamiętajmy, że intensywne ćwiczenia zawsze powinny być poprzedzone stopniową **rozgrzewką**.



Niektórzy ludzie chcą osiągnąć odpowiednie rezultaty wyników sportowych lub sportową sylwetkę „na skróty”, czyli przez stosowanie tzw. **środków dopingujących**. Zażywanie wszelkich środków chemicznych zwiększających wydolność organizmu i rozwijających mięśnie jest niebezpieczne dla zdrowia.

Młodzi ludzie cały czas rosną i ich szkielet podatny jest na odkształcenia. W tym wieku szczególnie ważne jest niedopuszczenie do powstania **wad postawy**. Są one skutkiem na przykład długiego siedzenia przed ekranem komputera lub przed telewizorem w nieprawidłowej pozycji, albo noszenia ciężkiej torby cały czas na jednym ramieniu. Do wad postawy zaliczamy: **skoliozę** (boczne skrzywienie kręgosłupa; powstaje, gdy obciążamy go nierównomiernie), **nadmierną lordozę** (zbyt duże wygięcie kręgosłupa do

przodu; powstaje, gdy siedząc, stale pochylamy się mocno do przodu) lub **nadmierną kifozę** (zbyt duże wygięcie kręgosłupa do tyłu, które jest skutkiem garbienia się). Rozwinięte wady postawy nie tylko wpływają na sylwetkę człowieka, ale są też często przyczyną bardzo silnego bólu kręgosłupa w starszym wieku.



skolioza



lordoza



kifoza

Wady kręgosłupa

Prawidłowo wykształcona stopa człowieka ma charakterystyczne łukowate wysklepienie. Taka konstrukcja dobrze amortyzuje ogromne przeciążenia powstające podczas poruszania się. Noszenie zbyt ciasnego, niedopasowanego i sztywnego obuwia jest jedną z przyczyn płaskostopia. O **płaskostopiu** mówimy wówczas, gdy cała lub większa część stopy płasko przylega do podłoża. Osoby z płaskostopiem odczuwają silne bóle podczas chodzenia. Zmianom ulegają też stawy w śródstopiu.



Ślad stopy prawidłowo wysklepionej i „płaskiej”

Dla prawidłowego rozwoju kości bardzo ważny jest sposób odżywiania się. Dieta powinna być bogata w wapń i odpowiednią ilość witaminy D (witamina D umożliwia wbudowywanie wapnia w kości). Niedobory witaminy D są typową przyczyną **krzywicy**. Krzywica jest chorobą, która najczęściej rozwija się już u małych dzieci. Kości osób chorych są słabsze i mają charakterystyczne zniekształcenia (m.in. zmieniony jest kształt kości kończyn dolnych i żeber).

Osteoporoza (zrzeszotnienie kości) jest chorobą, która polega na zmniejszeniu tak zwanej gęstości kości, co oznacza, że w kościach maleje ilość substancji mineralnych. Kości stają się wówczas bardziej kruche i mniej odporne na złamania. Obecnie osteoporoza dotyka nie tylko ludzi w starszym wieku. Sprzyja jej brak ruchu i złe nawyki żywieniowe (m.in. spożywanie dużych ilości cukrów prostych i wędlin z dużą zawartością fosforanów).

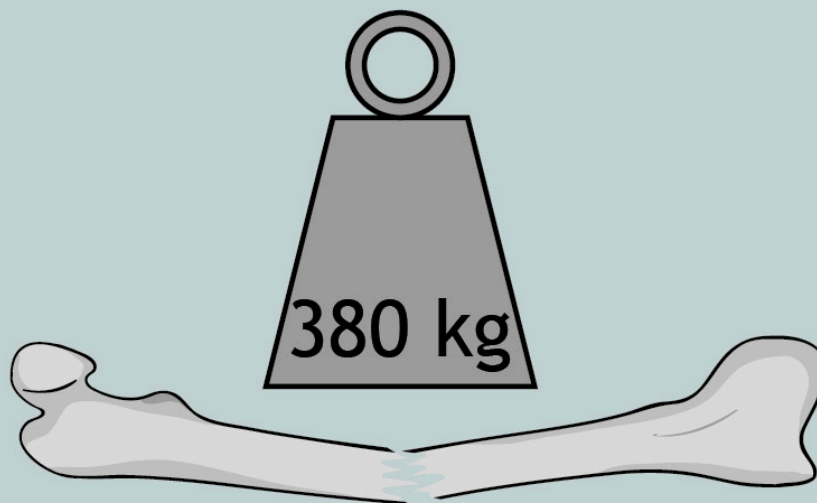


Osteoporoza. Zwróć uwagę na różnice tzw. gęstość kości

Częstą, choć nie do końca zbadaną chorobą, jest **reumatoidalne zapalenie stawów** (reumatyzm).

Ciekawe!

Wytrzymałość kości często porównuje się do lanego lub kutego żelaza. Twierdzenia takie są prawdziwe dla sił ściskających lub rozciągających. Nie przeceniajmy jednak możliwości naszych kości, jeśli chodzi o odporność na zginanie. Nawet masywna kość udowa młodego człowieka złamie się pod statycznym obciążeniem poprzecznym około 380 kg.



5.2. Podsumowanie

1. Układ ruchu narażony jest na urazy. Do powszechnych należą złamania, zwichnięcia, stłuczenia oraz zerwanie ścięgien.

2. Zachowanie sprawności układu ruchu jest podstawą zdrowego stylu życia. Obejmuje on między innymi prawidłowe żywienie oraz regularne ćwiczenia ruchowe i dbałość o właściwą postawę.

3. Nieprawidłowe żywienie jest przyczyną krzywicy (niedoboru witaminy D), a w podeszłym wieku osteoporozy (niedoboru wapnia, białka). Najczęstsze wady w budowie szkieletu to boczne skrzywienie kręgosłupa (skolioza) i płaskostopie.

6. Panel kontrolny Rozdziału X

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu X (na www.terazwiedza.pl).

6.1. Polecenia kontrolne

Polecenia do lekcji 1. Organizacja układu szkieletowego i 2. Szkielet człowieka

1. Wymień i zwięźle scharakteryzuj główne elementy układu ruchu.
2. Wymień zasadnicze struktury szkieletu osiowego i szkieletu kończyn oraz wytłumacz, jakie pełnią funkcje.
3. Wyjaśnij na dowolnym przykładzie związek budowy szkieletu z pełnioną przez niego funkcją.
4. Narysuj prosty schemat ilustrujący budowę stawu oraz określ funkcje poszczególnych elementów.
5. Zbadaj właściwości kości po spaleniu oraz po namoczeniu w kwasie octowym. Sformułuj wnioski dotyczące właściwości kości.

Polecenia do lekcji 3. Układ mięśniowy i 4. Praca mięśni szkieletowych

1. Wymień kilka przykładów mięśni szkieletowych i scharakteryzuj ich funkcje.
2. Wyjaśnij na dowolnym przykładzie, na czym polega antagonistyczne działanie mięśni.
3. Narysuj schemat budowy mięśnia szkieletowego i opisz jego elementy.
4. Zaprojektuj model ilustrujący działanie prostowników i zginaczy.
5. Porównaj budowę i funkcjonowanie mięśni szkieletowych i mięśni gładkich.

Polecenia do lekcji 5. Wybrane problemy medyczne układu ruchu

1. Wymień po dwa przykłady częstych wad postawy oraz chorób układu ruchu.
2. Przedstaw długofalowy wpływ niedoboru wapnia i białka w diecie na stan szkieletu.

3. Zaproponuj działania korzystnie wpływające na funkcjonowanie układu ruchu człowieka.

6.2. Ważne pojęcia

• szkielet osiowy • szkielet kończyn • kości (długie, krótkie, płaskie, różnokształtne) • mózgoczaszka • trzewioczaszka • klatka piersiowa • żebra • kręgosłup • kręgi • lordoza • kifoza • połączenia kości: szwy, zrosty, stawy (kuliste, zawiasowe, obrotowe, płaskie) • chrząstka stawowa • torebka stawowa • maź stawowa • więzadła • brzusiec • ścięgna • zginacze • prostowniki • antagonistyczne działanie mięśni szkieletowych • złamania • zwichnięcia • stłuczenia • zerwania ścięgien • krzywica • płaskostopie • osteoporoza • ortopeda

System do nauki biologii online (LMS)



jeszcze więcej grafik i zdjęć



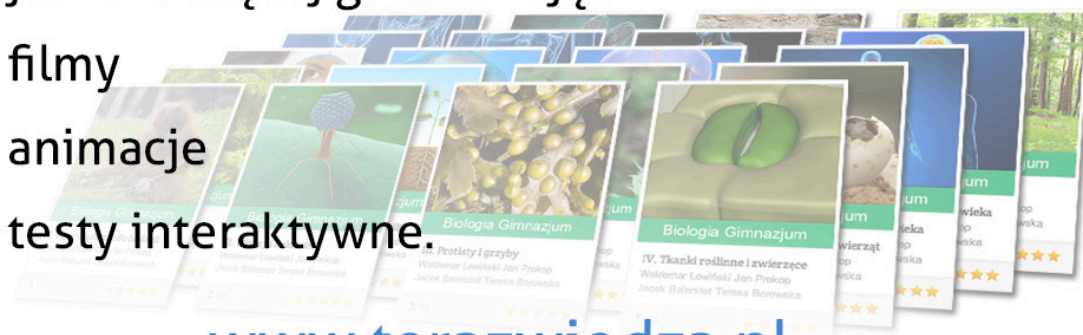
filmy



animacje



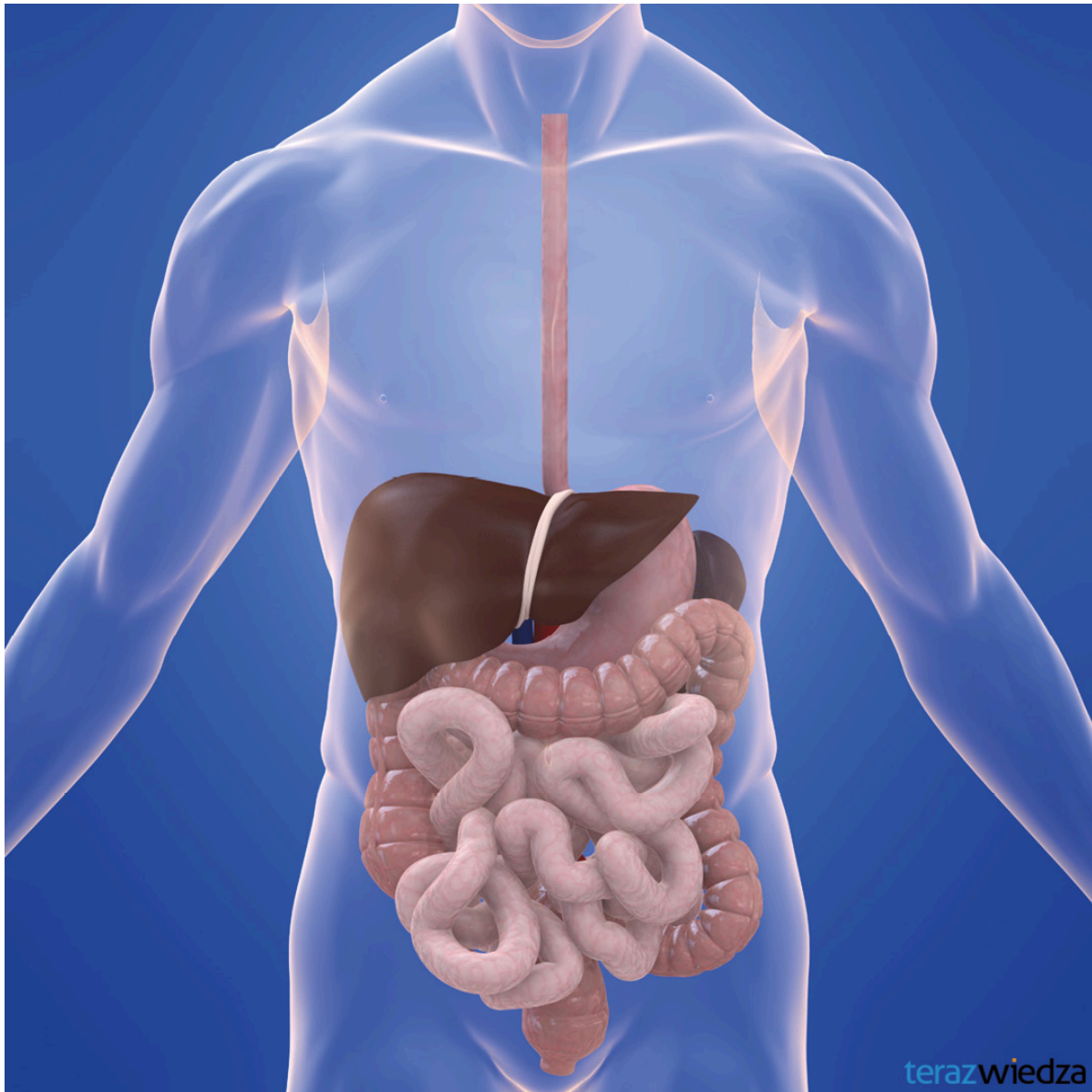
testy interaktywne.



www.terazwiedza.pl

Sprawdź już teraz!

XI. Układ pokarmowy człowieka



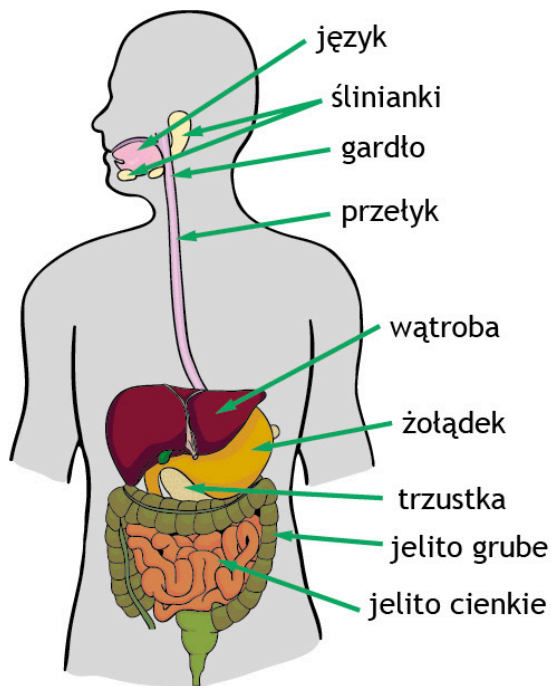
1. Organizacja układu pokarmowego

1.1. Wstęp

Organizm człowieka, jak każdy organizm heterotroficzny, potrzebuje wielu różnych związków chemicznych. Zużywa je na cele budulcowe, energetyczne lub do regulacji procesów biologicznych. Człowiek pobiera z otoczenia gotowe, złożone substancje organiczne, między innymi cukry, tłuszcze i białka. Ażeby organizm mógł je wykorzystać, musi najpierw strawić pokarm, następnie wchłonąć proste substancje pokarmowe i usunąć niestrawione resztki – oto podstawowe zadanie układu pokarmowego.

Układ pokarmowy człowieka składa się z przewodu pokarmowego i gruczołów dodatkowych. **Przewód pokarmowy** ma postać długiej rury z wyraźnie wyodrębnionymi odcinkami, które różnią się szerokością, są proste lub poskręcane, mają też inną budowę ściany. Wyróżniamy następujące odcinki przewodu pokarmowego: jama ustna, gardło, przełyk, żołądek, jelito cienkie i jelito grube. **Gruczołami dodatkowymi** są: ślinianki, wątroba i trzustka.

Układ pokarmowy zbudowany jest z tkanki łącznej, tkanki nabłonkowej oraz tkanki mięśniowej gładkiej.



Przewód pokarmowy

- jama ustna
- gardło
- przełyk
- żołądek
- jelito cienkie
- jelito grube

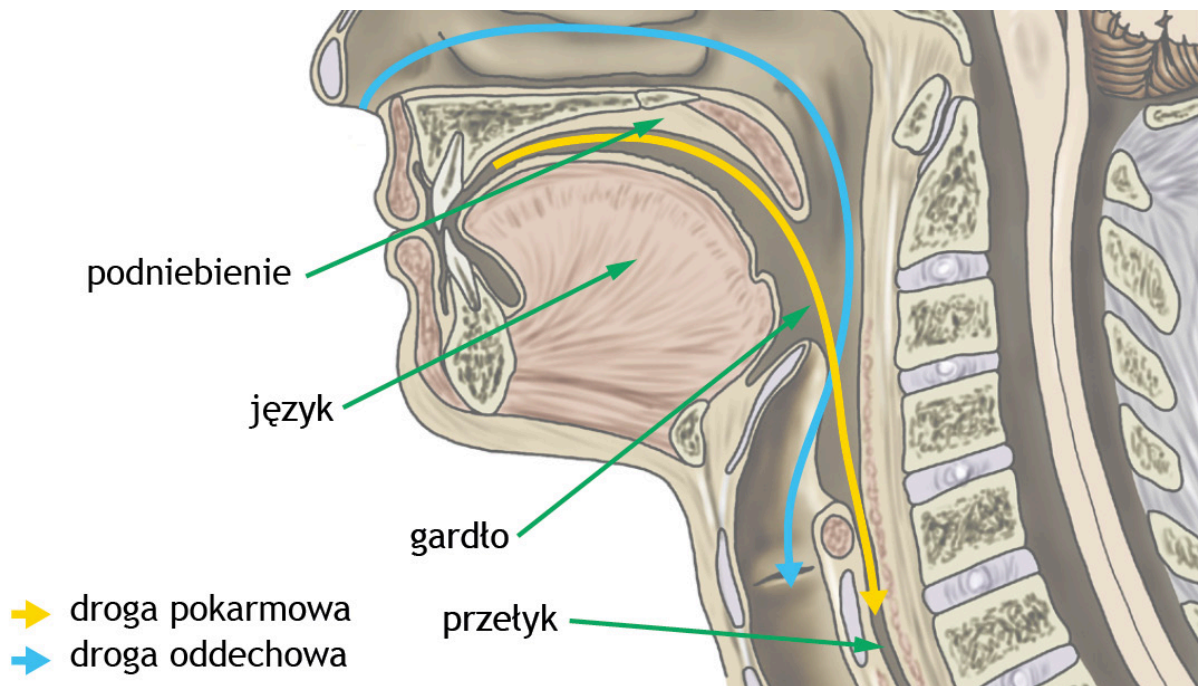
Gruczoły dodatkowe

- ślinianki
- wątroba
- trzustka

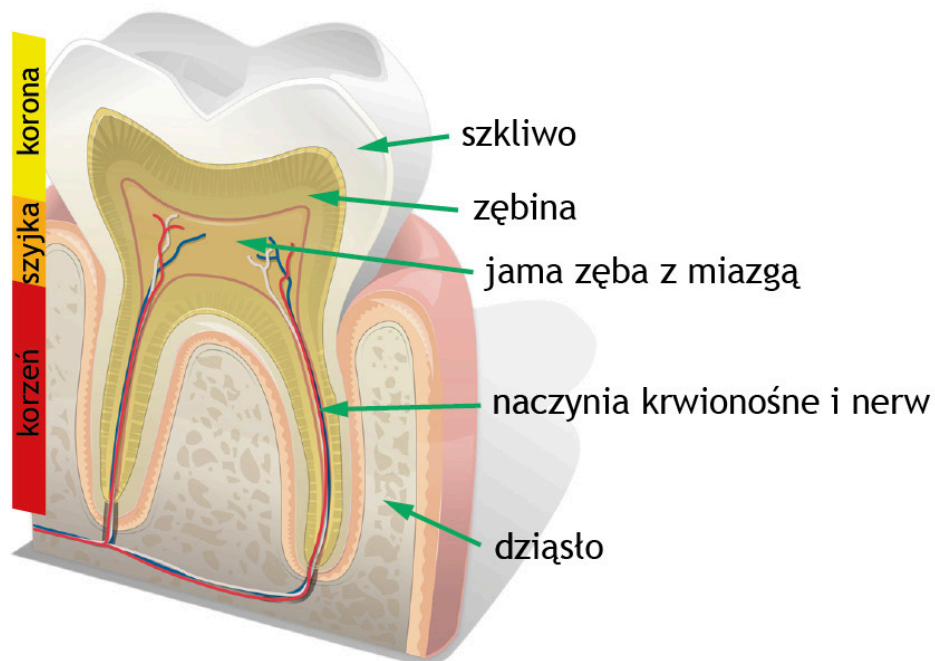
Budowa układu pokarmowego

1.2. Jama ustna i gardło

Pierwszym odcinkiem przewodu pokarmowego jest **jama ustna**. W niej znajdują się zęby i język. Do jamy ustnej uchodzą przewody wyprowadzające **ślinianek**. W jamie ustnej odbywa się wstępna obróbka pokarmu polegająca na mechanicznym rozdrobnieniu kęsa pokarmu, nawilżeniu go śliną i połknięciu. W ślinie znajduje się **enzym**, który rozpoczyna trawienie cukrów.

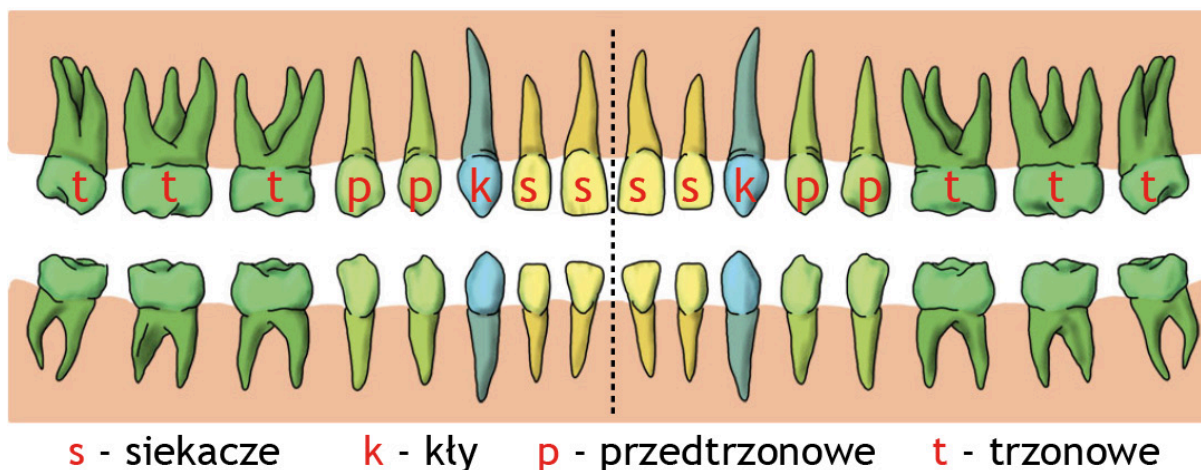


Pełne **uzębienie** dorosłego człowieka składa się z 32 **zębów stałych**. Zęby osadzone są w **zębodołach**. Każdy ząb ma **koronę** (część wystającą ponad dziąsło), **szyjkę** oraz **korzeń** (zrośnięty z zębodołem kości). Korona pokryta jest bardzo twardym i odpornym na ścieranie **szkliwem**. Pod nim znajduje się zębina otaczająca miążgę zęba, w której przebiegają drobne naczynia krwionośne i nerwy.



Budowa zęba trzonowego

Wyróżniamy siekacze, kły, zęby przedtrzonowe i trzonowe. Siekacze są dłutowate i umożliwiają odgryzanie kęsów pokarmu. Kły są stożkowato zakończone i pozwalają rozgryzać pokarm. Zęby przedtrzonowe i trzonowe mają szeroką, pofałdowaną powierzchnię górną i służą do rozcierania pokarmu.



Uzębienie dorosłego człowieka

Dziecko ma 20 **zębów mlecznych** (w uzębieniu nie ma zębów przedtrzonowych i jednej pary trzonowych). Są one stosunkowo nietrwałe – mają mniejsze i cieńsze korzenie niż zęby stałe. Wypadają między 6 a 13

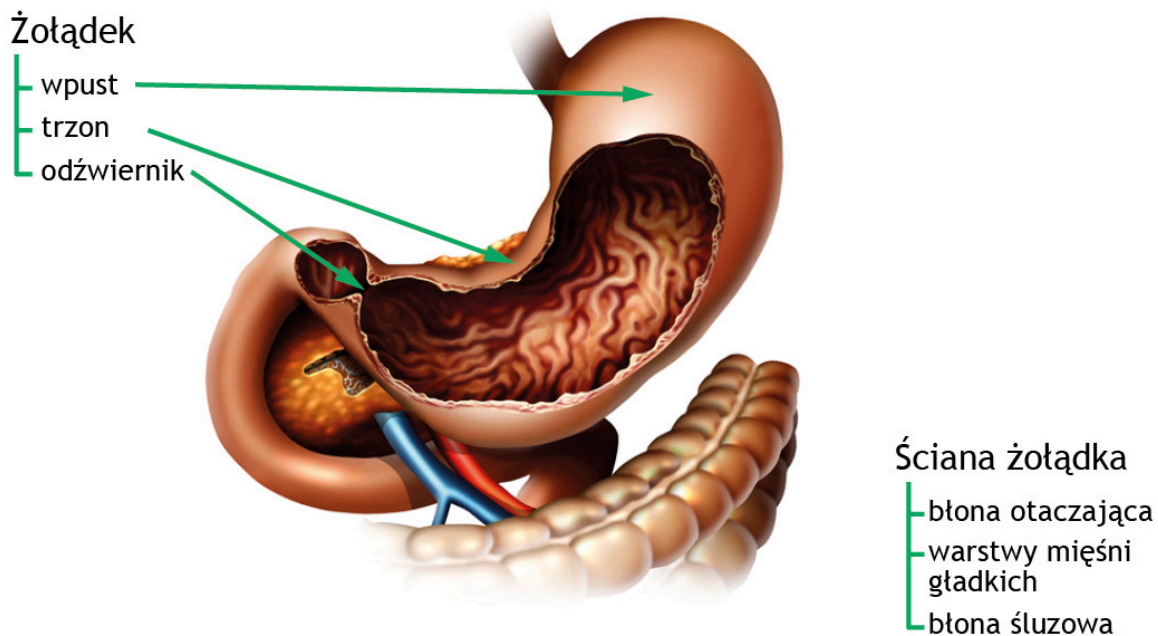
rokiem życia i zastępowane są przez zęby stałe.

Ślina jest wodnistą wydzieliną ślinianek. Zwilża pokarm, zawiera substancje odpornościowe oraz enzym rozkładający wielocukry. Połykanie jest skomplikowaną czynnością odruchową. Połknięty kęs pokarmu musi trafić do rury przełyku, w przeciwnym razie może dojść do zadławienia się. Ściana gardła zawiera włókna mięśniowe poprzecznie prążkowane, to właśnie ich skurcz umożliwia połykanie.

1.3. Przełyk i żołądek

Połknięty pokarm przechodzi rurą **przełyku** do żołądka. Ściana przełyku i dalszych odcinków przewodu pokarmowego zawiera liczne włókna mięśniowe gładkie. Ich skurcz jest niezależny od naszej woli i pozwala na powolne przesuwanie pokarmu (ruchami robaczkowymi, czyli perystaltycznymi). Od wewnątrz kolejne odcinki przewodu pokarmowego wyściela błona śluzowa. W błonie śluzowej przewodu pokarmowego znajdują się komórki śluzowe produkujące śluz, który ułatwia przesuwanie porcji pokarmu.

Żołądek jest silnie umięśnionym workiem, w którym pokarm zostaje dokładnie wymieszany. Ściany żołądka są przy tym rozciągliwe i może on gromadzić większe ilości pokarmu. Silnie pofałdowana błona śluzowa żołądka zawiera komórki gruczołowe kilku rodzajów. Jedne wydzielają **kwasy solne**, inne – **enzymy trawiące białka**. W żołądku wyróżniamy wpust, trzon oraz odźwiernik. Zadaniem odźwiernika jest zatrzymanie porcji pokarmu tak długo, jak to niezbędne.



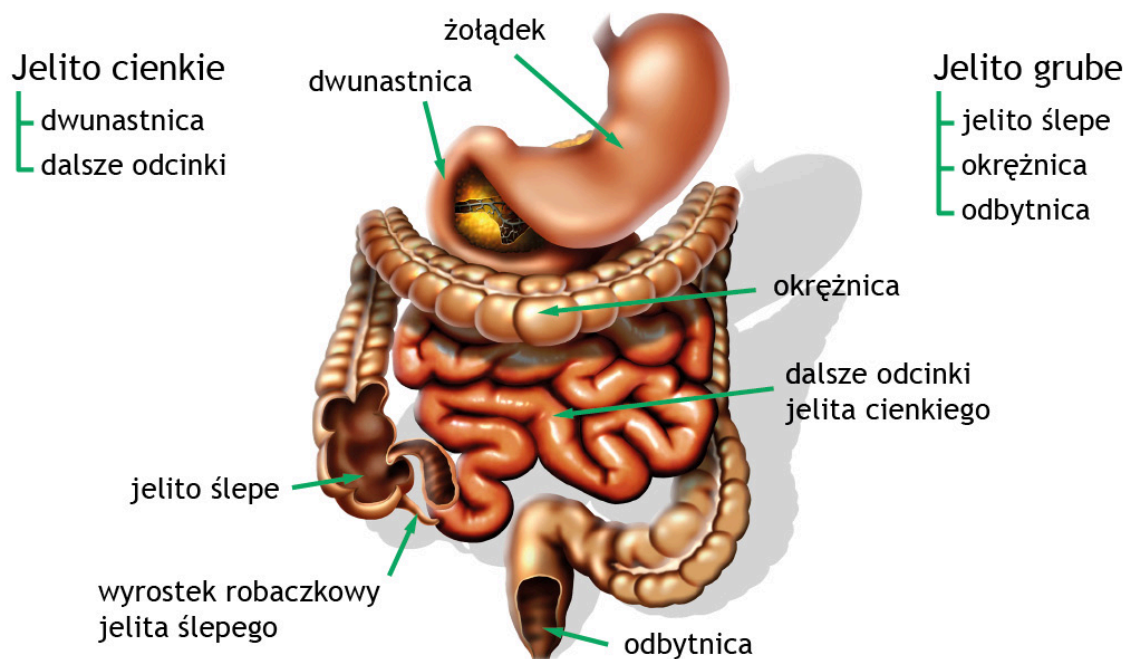
Budowa żołądka

1.4. Jelito cienkie i grube

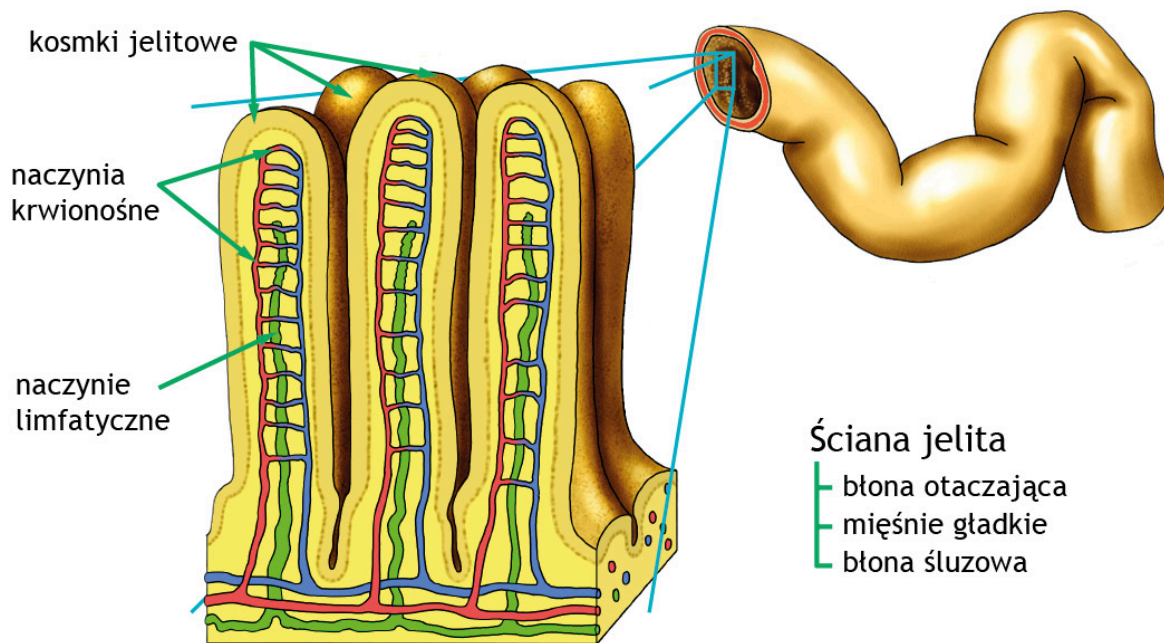
Z żołądka rozdrobniona i częściowo strawiona treść pokarmowa powoli przesuwana jest do **jelita cienkiego**. Jelito cienkie ma długość około 4,5 m. W tej części przewodu pokarmowego następuje **trawienie** i **wchłanianie** strawionych cząstek pokarmowych do krwi oraz limfy.

Początkowym odcinkiem jelita cienkiego jest **dwunastnica**. Do niej uchodzi specjalny przewód wydzielniczy połączony z trzustką i wątrobą. Przez ten przewód do dwunastnicy dostaje się wydzielina **trzustki** – **sok trzustkowy** (zawiera różne enzymy trawienne) oraz wydzielina **wątroby** (zawiera **żółć**).

Kolejne odcinki jelita cienkiego są silnie poskręcane. W ten sposób wydłuża się droga pokarmu i czas trawienia. Dodatkowo **ruchy robaczkowe** poskręcanych części jelita cienkiego zwiększają mieszanie się treści pokarmowej z wydzieliną komórek gruczołowych zawierającą enzymy trawienne. Mieszanie wielokrotnie przyspiesza trawienie, ponieważ cząsteczki enzymów trawiennych mają lepszy dostęp do substratów (większa jest powierzchnia kontaktu).



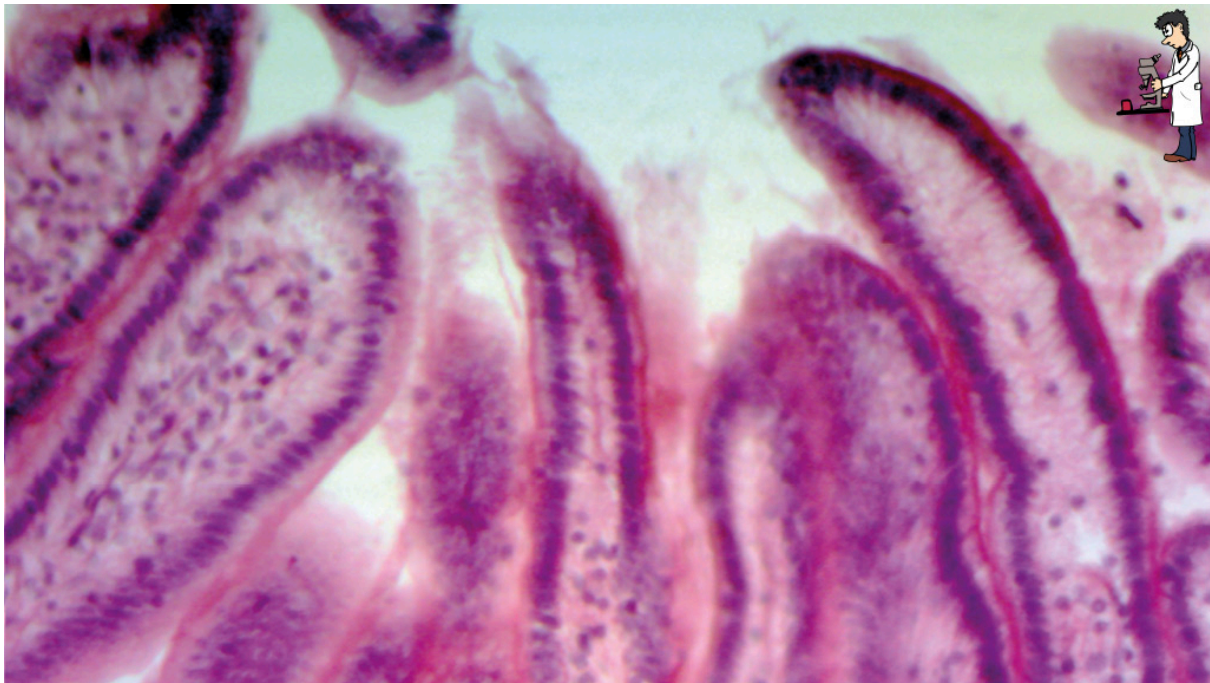
Żołądek i jelita



Budowa ściany jelita cienkiego

Powierzchnia wewnętrzna (wchłaniania) jelita cienkiego jest bardzo duża. Zwiększają ją **faldy jelita**, na których znajdują się liczne palczaste wypustki – **kosmki jelitowe**. Ponadto komórki nabłonka walcowatego pokrywającego kosmki mają maleńkie wypustki – **mikrokosmki**. Łączna

powierzchnia jelita cienkiego wynosi około 200 m².



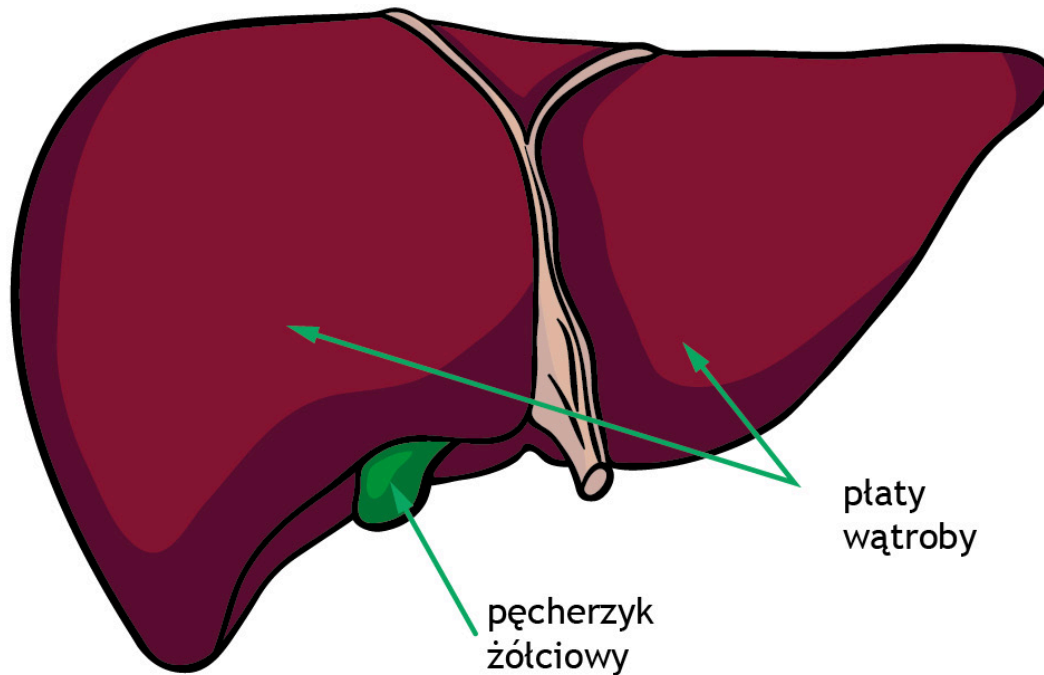
Kosmki jelitowe

Jelito grube ma długość około 1,5 m i składa się z trzech odcinków: **jelita ślepego** (z wyrostkiem robaczkowym), **okreźnicy** oraz **odbytnicy**. Średnica jelita grubego jest wyraźnie większa niż jelita cienkiego (stąd nazwa tej części przewodu pokarmowego). W jelicie grubym z niestrawionych resztek pokarmowych formowane są **masy kałowe**. Kał usuwany jest na zewnątrz przez otwór odbytowy (defekacja).

1.5. Wątroba i trzustka

Wątroba znajduje się w górnej części jamy brzusznej i jest największym gruczołem w organizmie człowieka. Wątroba **nie wydziela enzymów trawiennych**, ale i tak zasługuje na miano laboratorium chemicznego. Przede wszystkim wydziela **żółć**, która gromadzi się w **woreczku żółciowym**. Po posiłkach komórki wątrobowe wychwytują z krwi glukozę i wytwarzają z niej glikogen. Między posiłkami, gdy stężenie glukozy w krwi spada, komórki wątroby rozkładają glikogen i uwalniają glukozę. W komórkach wątroby rozkładane są też zbędne aminokwasy i syntetyzowany jest mocznik. Ponadto komórki te potrafią rozłożyć wiele substancji trujących, na przykład alkohol etylowy. Wątroba jest też magazynem żelaza

i niektórych witamin.



Wątroba

Trzustka położona jest w jamie brzusznej za żołądkiem. Ten wydłużony gruczoł wydziela do dwunastnicy sok trzustkowy zawierający liczne **enzymy trawienne**.

1.6. Podsumowanie

1. Układ pokarmowy człowieka umożliwia pobieranie, trawienie, wchłanianie pokarmu oraz usuwanie niestrawionych składników pokarmowych (defekację).
2. W układzie pokarmowym człowieka wyróżniamy przewód pokarmowy i gruczoły dodatkowe.
3. Przewód pokarmowy stanowi rurę (do 7 m długości) podzieloną na wyspecjalizowane odcinki. Ściany przewodu pokarmowego współtworzą warstwy mięśni gładkich (tzw. mięśniówka) ułożonych poprzecznie i wzdłuż długiej osi przewodu. Skurcze tych mięśni wywołują ruchy robaczkowe jelit (perystaltyczne), umożliwiające przesuwanie treści pokarmowej w kierunku odbytu. Od wewnątrz przewód pokarmowy wyściela nabłonek z licznymi gruczołami śluzowymi i trawiennymi (w żołądku i w jelicie cienkim).

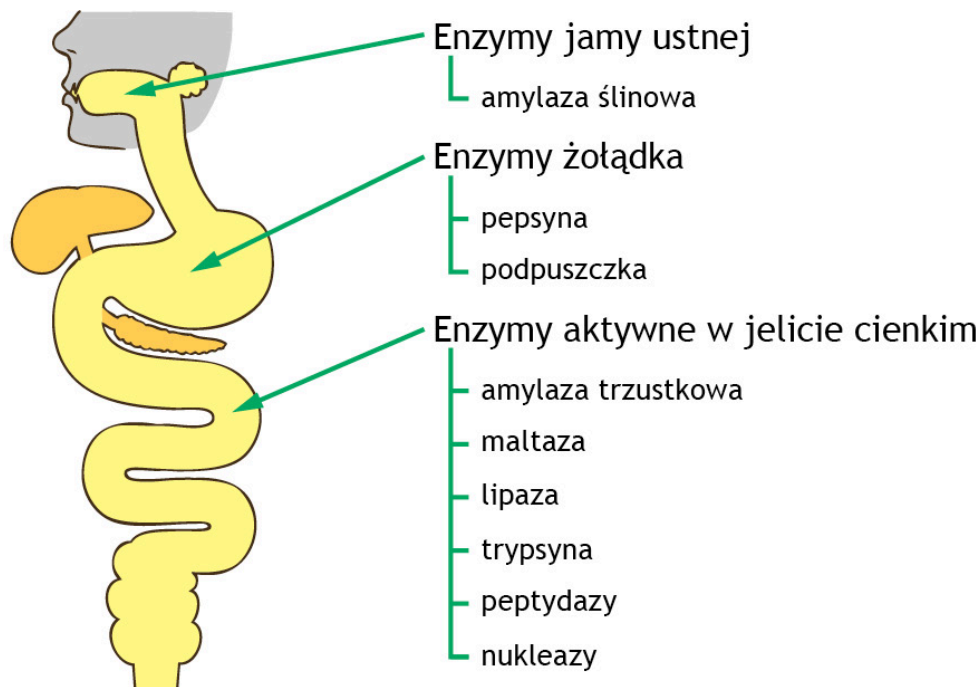
4. Przewód pokarmowy człowieka składa się z jamy ustnej, gardła, przełyku, żołądka, jelita cienkiego (jego pierwszy odcinek to dwunastnica), jelita grubego (złożonego z jelita ślepego, okrężnicy i jelita prostego) zakończonego otworem odbytowym.

5. Gruczołami dodatkowymi są: ślinianki, trzustka i wątroba. Ślinianki i trzustka są dużymi gruczołami trawiennymi (małe gruczoły trawienne znajdują się także w ścianie żołądka i jelita cienkiego). Wątroba nie jest gruczołem trawiennym – produkuje i wydziela żółć.

2. Trawienie, wchłanianie i transport pokarmów

2.1. Trawienie

W organizmie człowieka proces **trawienia** zachodzi w świetle przewodu pokarmowego, gdzie wydzielane są enzymy rozkładające pokarm. Odcinki, w których zachodzi trawienie to: jama ustna, żołądek i jelito cienkie.

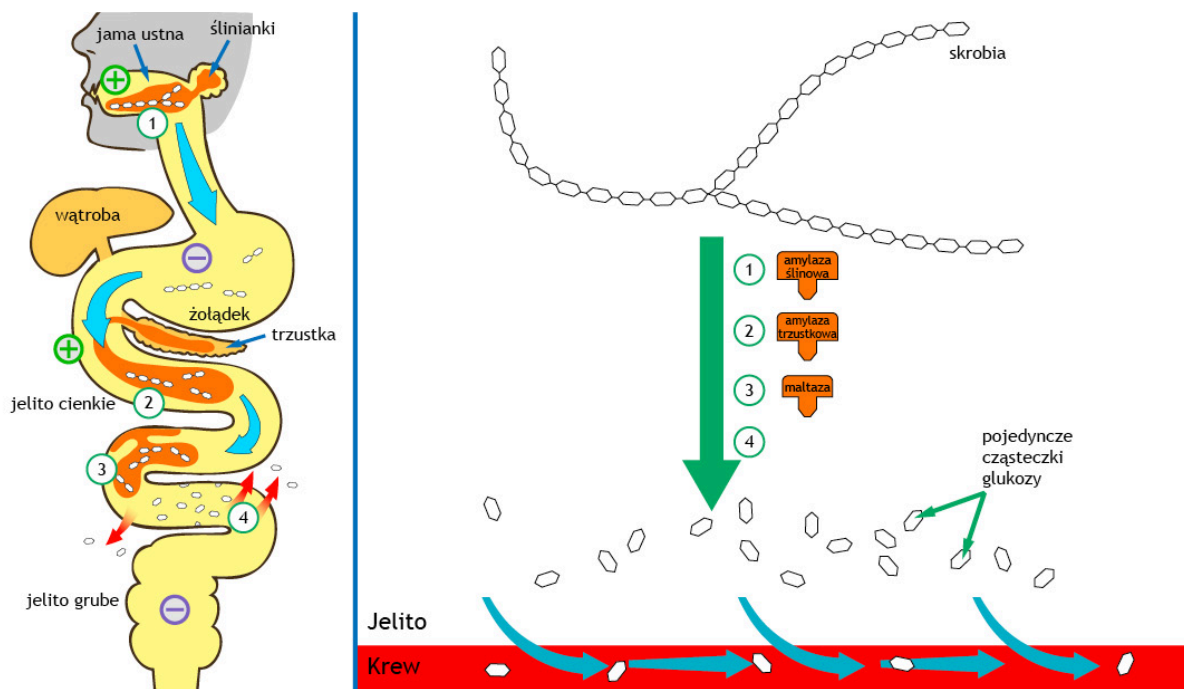


Do jamy ustnej wydzielany jest enzym – **amylaza ślinowa**, która rozkłada wielocukry, na przykład skrobię. Amylaza ślinowa produkowana jest w komórkach gruczołowych ślinianek.

Składnikami soku żołądkowego są: **pepsyna** oraz **podpuszczka** (tylko u niemowląt i małych dzieci). W obecności kwasu solnego pepsyna rozkłada białka na krótsze łańcuchy aminokwasowe. Pepsynę i podpuszczkę wytwarzają komórki gruczołowe ściany żołądka.

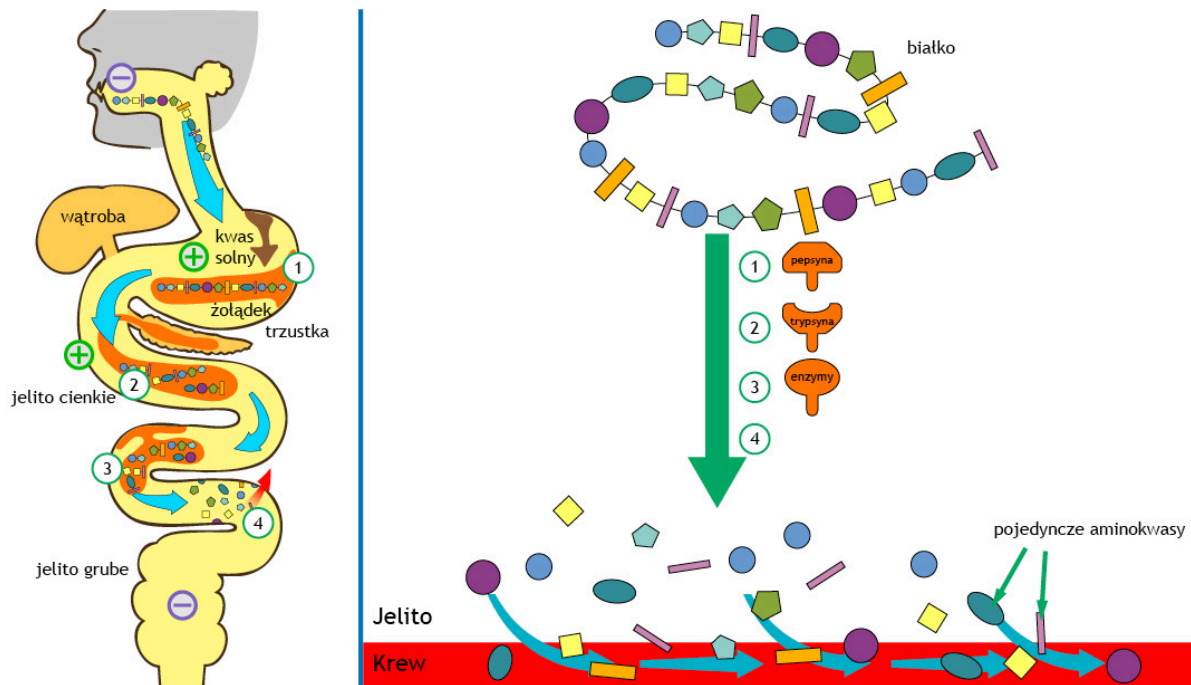
W jelicie cienkim znajdują się enzymy produkowane przez trzustkę oraz przez komórki gruczołowe ściany jelita. Trzustka produkuje **amylazę trzustkową**, **trypsynę** i **lipazę**. Amylaza trzustkowa rozkłada cukry, trypsyna – białka, natomiast lipaza – tłuszcze. W trawieniu tłuszczów bardzo ważną rolę pełni żółć wydzielana przez wątrobę. **Żółć** rozdrabnia (rozbija, a ściślej emulguje) tłuszcz na bardzo małe kuleczki, co ułatwia działanie lipazy. Trawienie cukrów i białek kończą enzymy wydzielane

przez ścianę jelita cienkiego. Cały proces trawienia trwa od kilkunastu minut do kilkunastu godzin. Zależy to głównie od rodzaju i ilości pokarmu.



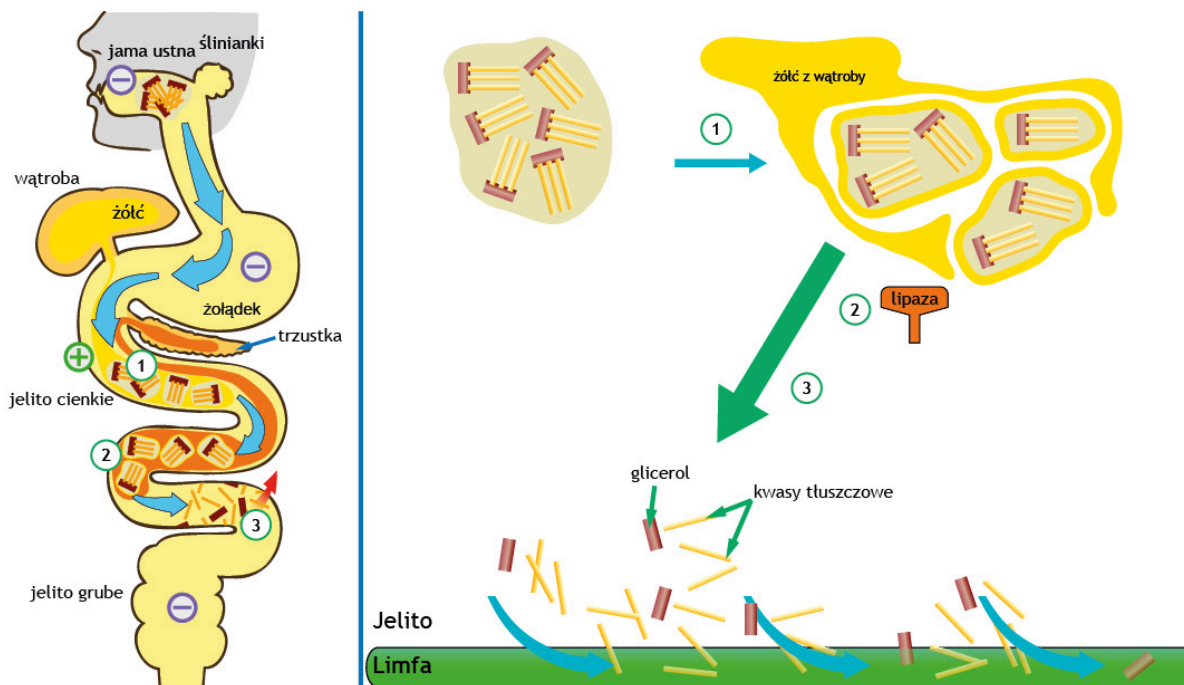
Trawienie wielocukrów na przykładzie skrobi - schemat procesu

1. Jama ustna. W ślinie znajduje się enzym amylaza ślinowa, która rozkłada cząsteczki skrobi na mniejsze elementy (krótsze łańcuchy).
2. Jelito cienkie (początkowy odcinek). W soku trzustkowym znajduje się enzym amylaza trzustkowa. Jej cząsteczki dalej rozkładają łańcuchy cukrowe na mniejsze fragmenty.
- 3 i 4. Jelito cienkie (dalsze odcinki). W soku jelitowym znajduje się enzym maltaza, który przeprowadza końcowy etap trawienia skrobi. Produktem jest glukoza - cukier prosty, który ulega wchłonięciu do krwi.



Trawienie białek - schemat procesu

1. Żołądek. W soku żołądkowym znajduje się kwas solny i enzym pepsyna. W obecności kwasu solnego pepsyna rozkłada łańcuchy aminokwasów na krótsze fragmenty.
2. Jelito cienkie (dwunastnica). W soku trzustkowym znajduje się trypsyna. Ten enzym rozkłada krótsze łańcuchy aminokwasów na bardzo krótkie fragmenty (złożone z dwóch, trzech aminokwasów).
- 3 i 4. Jelito cienkie (dalsze odcinki). W soku jelitowym znajdują się enzymy rozkładające bardzo krótkie łańcuchy aminokwasowe na pojedyncze cząsteczki aminokwasów, które wchłaniane są do krwi.



Trawienie tłuszczów - schemat procesu

1. Jelito cienkie (początkowy odcinek). Wątroba wydziela żółć, która w dwunastnicy rozbija grudki (krople) tłuszczu na bardzo małe drobiny. Jest to etap wstępny poprzedzający trawienie.
2. Jelito cienkie (początkowy odcinek). Sok trzustkowy zawiera lipazę. Enzym ten rozkłada cząsteczki tłuszczu znajdujące się w drobinach tłuszczu.
3. Jelito cienkie (dalsze odcinki). Glicerol i kwasy tłuszczowe wchłaniane są do naczyń limfatycznych i krwionośnych znajdujących się w kosmkach jelitowych.

Uwaga: żółć nie zawiera enzymów trawiennych.

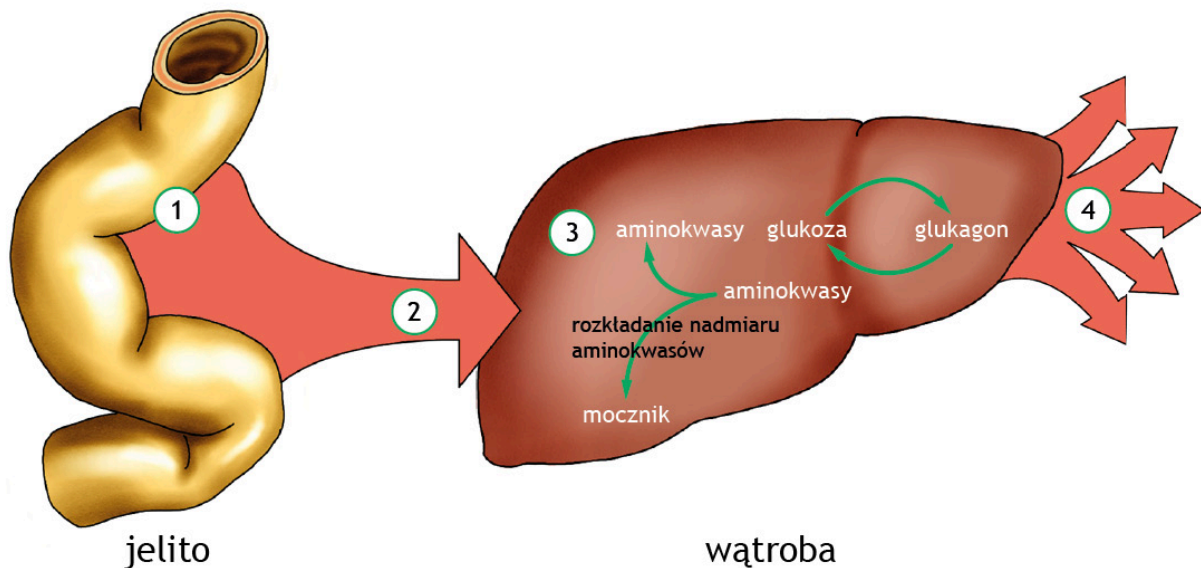
2.2. Wchłanianie i transport

Treść pokarmowa jelita cienkiego zawiera wodę, sole mineralne, witaminy, strawione składniki oraz niestrawione resztki pokarmowe. Strawione składniki pokarmowe to między innymi **glukoza**, **aminokwasy**, **glicerol** i **kwasy tłuszczowe**. Duża powierzchnia jelita cienkiego pozwala wydajnie wchłaniać proste substancje organiczne do drobnych naczyń krwionośnych i limfatycznych znajdujących się w kosmkach jelitowych.

W jelicie grubym procesy trawienne ustają (nie uchodzą do niego przewody gruczołów trawiennych, a w jego ścianie nie ma komórek gruczołowych wytwarzających enzymy). W jelicie grubym **wchłaniana** jest woda, sole mineralne i niektóre witaminy.

2.3. Transport wchłoniętych substancji

Substancje wchłonięte do drobnych naczyń wędrują dalej dużą żyłą do wątroby. **Wątroba** niejako kontroluje zawartość krwi płynącej z jelita cienkiego i przepuszcza tylko potrzebne składniki w odpowiedniej ilości (m.in. wychwytuje nadwyżkowe cząsteczki glukozy i rozkłada zbędne aminokwasy). Po przejściu przez wątrobę składniki pokarmowe transportowane są dalej innymi naczyniami krwionośnymi. W ten sposób każda komórka ciała może otrzymać z krwi niezbędne proste substancje odżywcze.



Transport wchłoniętych substancji pokarmowych:

1. Wchłanianie w jelicie cienkim: glukoza, aminokwasy glicerol, kwasy tłuszczowe.
2. Transport wchłoniętych substancji z krwią.
3. Reakcje zachodzące w wątrobie.
4. Transport substancji z krwią do wszystkich komórek ciała: glukozy, aminokwasów, glicerolu i kwasów tłuszczowych.

2.4. Podsumowanie

1. Trawienie wielkocząsteczkowych związków organicznych jest wieloetapowym i złożonym procesem chemicznym. W wyniku trawienia wielocukrów (np. skrobi, glikogenu) powstają cząsteczki cukrów prostych

(glukozy). Wstępny rozkład skrobi zachodzi w jamie ustnej pod wpływem amylazy ślinowej. Końcowy etap trawienia odbywa się w jelicie cienkim. Tam, pod wpływem enzymów trzustki (amylazy trzustkowej) oraz enzymu ściany jelita (maltazy), zostają uwolnione cząsteczki glukozy.

2. Trawienie białek zachodzi w żołądku i w jelicie cienkim. W żołądku, w obecności kwasu solnego, pepsyna wstępnie rozkłada białka. W jelicie cienkim inne peptydazy (trypsina, peptydazy jelita) ostatecznie rozkładają białka na aminokwasy.

3. Trawienie tłuszczów zachodzi w dwunastnicy. Uwolniona do dwunastnicy żółć powoduje rozbicie tłuszczów na drobne kropelki (emulgacja). Na kropelki tłuszczów działa enzym soku trzustkowego – lipaza – rozkładająca tłuszcze na glicerol i kwasy tłuszczowe.

4. Kwasy nukleinowe trawione są w jelicie cienkim. Enzymy trawienne (nukleazy) rozkładają je na nukleotydy.

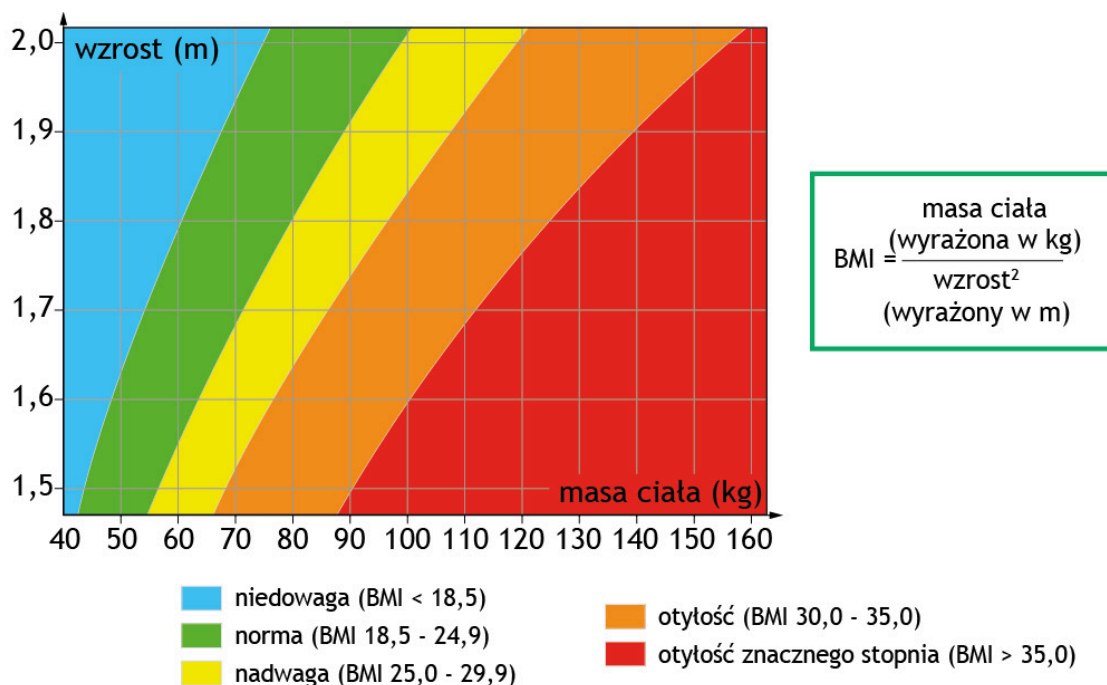
5. W jelicie cienkim powstaje mieszanina prostych związków, które są wchłaniane przez krew (cukry proste, aminokwasy, nukleotydy) i limfę (produkty trawienia tłuszczów). Strawione cząsteczki zostają przetransportowane żyłą wrotną do wątroby. W wątrobie nadmiar składników jest magazynowany, a cząsteczki konieczne dla funkcjonowania organizmu są przekazywane do komórek.

3. Wybrane problemy medyczne

3.1. Wstęp

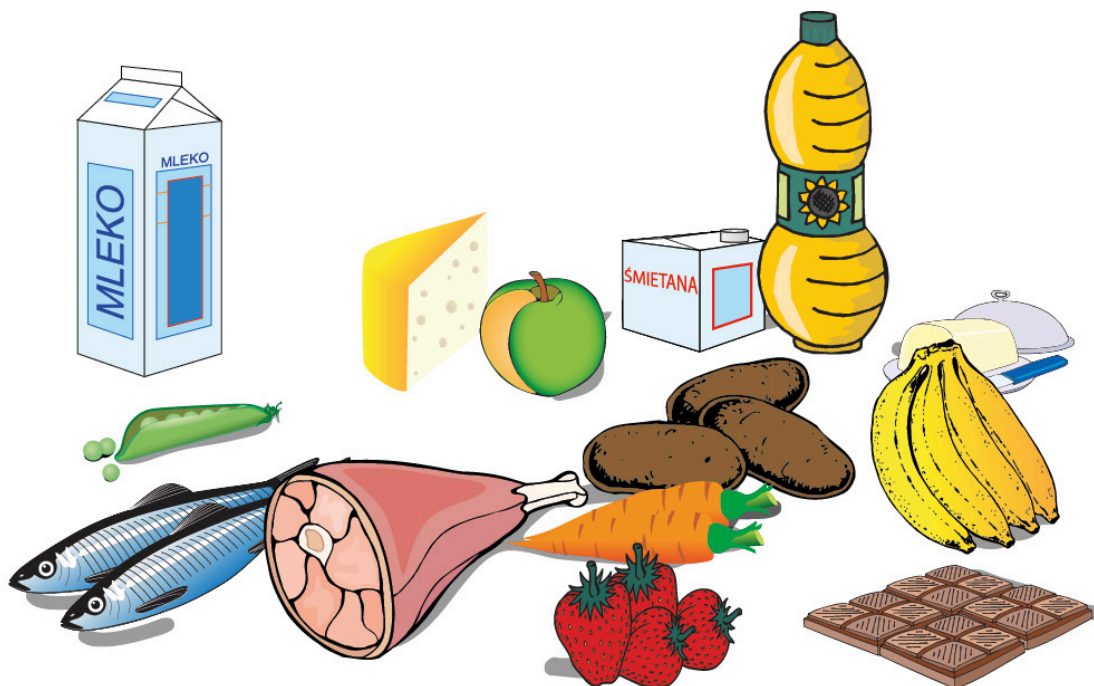
Każdy wie, że powinien się zdrowo odżywiać. Zasadami zdrowego żywienia zajmuje się **dietetyka**. **Dieta** powinna być dobrana do wieku, trybu życia, a nawet płci i pory roku. Prawidłowa dieta zapewnia odpowiednią ilość wszystkich niezbędnych składników odżywczych – w miarę możliwości powinna być więc urozmaicona.

Składniki pokarmowe spożywane podczas posiłków muszą mieć wartość energetyczną, która pokryje dzienne zapotrzebowanie energetyczne. Dzisiaj zbyt często sięgamy po potrawy o bardzo dużej wartości energetycznej i jednocześnie prowadzimy mało aktywny tryb życia. Sprzyja to nadwadze i otyłości. Ile powinna ważyć dana osoba, podaje specjalny **wskaźnik masy ciała** – BMI (ang. body mass index). Współczynnik BMI oblicza się, dzieląc masę ciała (w kilogramach) przez kwadrat wzrostu ciała (wyrażonego w metrach).



Pokarm musi mieć odpowiedni skład jakościowy. Między innymi powinien zawierać komplet witamin oraz białka z **aminokwasami egzogennymi**, czyli takimi, których organizm człowieka nie syntetyzuje. Odpowiednią ilość aminokwasów egzogennych zawierają **pokarmy**

pełnowartościowe, na przykład mięso, mleko, jaja i sery.



Ważne! Niektórzy ludzie cierpią na anoreksję lub bulimię. **Anoreksja** (jadłowstręt psychiczny) prowadzi do znacznej niedowagi, licznych chorób pochodnych, a nawet do śmierci. **Bulimia** to napady żarłoczności przerywane okresami drakońskich głodówek. Obydwie choroby prowadzą do wyniszczenia organizmu. U nastolatków częstą przyczyną rozwoju tych chorób jest wpływ świata mody.

Dziedziną medycyny, która zajmuje się schorzeniami układu pokarmowego i gruczołów dodatkowych, jest **gastroenterologia** (gastrologia). Lekarze specjaliści to **gastrologi**.

Stosunkowo młodą dziedziną medycyny jest **bariatria**, która zajmuje się leczeniem otyłości, także operacyjnym.

3.2. Substancje dodatkowe w żywności

Substancje dodatkowe używane w produkcji żywności oceniane są przez Komitet Naukowy d/s Żywności Unii Europejskiej. Spożycie tych oznaczonych symbolem E jest dopuszczalne, ale w małych ilościach.

Poniżej przedstawiliśmy niektóre substancje dodatkowe znajdujące się w produktach spożywczych. Przykłady podajemy po analizie zwykłych etykiet produktów spożywczych.

Przykład 1. Wśród składników popularnego jogurtu owocowego są między innymi:

- jeżyny i sok jeżynowy z koncentratu!
- czarny bez i sok z czarnego bzu z koncentratu!
- koncentrat soku z buraków czerwonych
- barwnik: autocyjany, aromat.

Przykład 2. Ser topiony z szynką zawiera między innymi:

- szynka 8% (mięso wieprzowe, glukoza, sól, przeciwutleniacz E 301, substancja konserwująca E 250)
- sole emulgujące: E 450, E 452, E 339
- preparat dymu wędzarniczego.

Przykład 3. Lody wiśniowe zawierają między innymi:

- stabilizator E 440
- barwnik naturalny E 120
- barwnik naturalny E163
- barwnik naturalny E 162
- aromaty
- emulgator E 471
- stabilizatory E 410, E 412, E 407.

Przykład 4. Salami z indyka zawiera między innymi:

- przeciwutleniacz E 30
- askorbinian sodu E 301
- środek konserwujący E 250.

3.3. Podsumowanie

1. Choroby układu pokarmowego mogą być wywoływane przez bakterie (np. salmonellozy), protisty (np. czerwotka pełzakowa) lub robaki pasożytnicze (robaczyce).

2. Organizm człowieka potrzebuje pożywienia z odpowiednią ilością składników organicznych, soli mineralnych i witamin. Prawidłowe żywienie oraz dbałość o higienę przygotowania i spożywania posiłków jest ważnym elementem zdrowego stylu życia.

4. Panel kontrolny Rozdziału XI

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu XI ([na www.terazwiedza.pl](http://www.terazwiedza.pl)).

4.1. Polecenia kontrolne

Polecenia do lekcji 1. Budowa układu pokarmowego

1. Wymień we właściwej kolejności odcinki układu pokarmowego i podaj nazwy gruczołów dodatkowych.
2. Zaprojektuj schemat ilustrujący ogólną budowę układu pokarmowego.
3. Wykaż przystosowania w budowie przewodu pokarmowego do trawienia i wchłaniania pokarmów.
4. Omów poszczególne funkcje wątroby i uzasadnij pogląd, że wątroba jest narządem wielofunkcyjnym.

Polecenia do lekcji 2. Trawienie i wchłanianie

1. Wyjaśnij, dlaczego pokarmy muszą być trawione.
2. Skonstruuj schematy przedstawiające etapy trawienia cukrowców, tłuszczowców i białek.
3. Zaprojektuj, uwzględniając łatwo dostępne materiały, doświadczenie demonstrujące enzymatyczne trawienie skrobi.
4. Wyjaśnij, na czym polega współdziałanie układu pokarmowego i krwionośnego w odżywianiu komórek ciała człowieka.

Polecenia do lekcji 3. Wybrane problemy medyczne odżywiania się

1. Wy tłumacz, dlaczego dieta każdego człowieka powinna być zrównoważona i zróżnicowana.
2. Wymień kilka przykładów złych nawyków żywieniowych i przedstaw ich konsekwencje zdrowotne.
3. Na opakowaniach produktów żywnościowych czasem zamieszczana jest informacja GDD, czyli procent wskazanego dziennego spożycia produktu (określonego dla osoby dorosłej na poziomie 2000 kcal/dzień). Wyjaśnij, czemu ta informacja służy.

4.2. Ważne pojęcia

• przewód pokarmowy: jama ustna, gardło, przełyk, żołądek, jelito cienkie, jelito grube, odbytnica • gruczoły dodatkowe: ślinianki, trzustka, wątroba • szkliwo • zębina • uzębienie: mleczne i stałe • trawienie mechaniczne • trawienie chemiczne • enzymy trawienne: amylaza ślinowa, pepsyna, trypsyna, lipaza, amylaza trzustkowa, maltaza, peptydazy, nukleazy • żółć • emulgowanie tłuszczów • wchłanianie • defekacja • dietytyka • konserwanty żywności • wskaźnik BMI • nomogram • pokarmy pełnowartościowe • aminokwasy egzogenne • witaminy • anoreksja • bulimia • gastrolog

System do nauki biologii online (LMS)



jeszcze więcej grafik i zdjęć



filmy



animacje



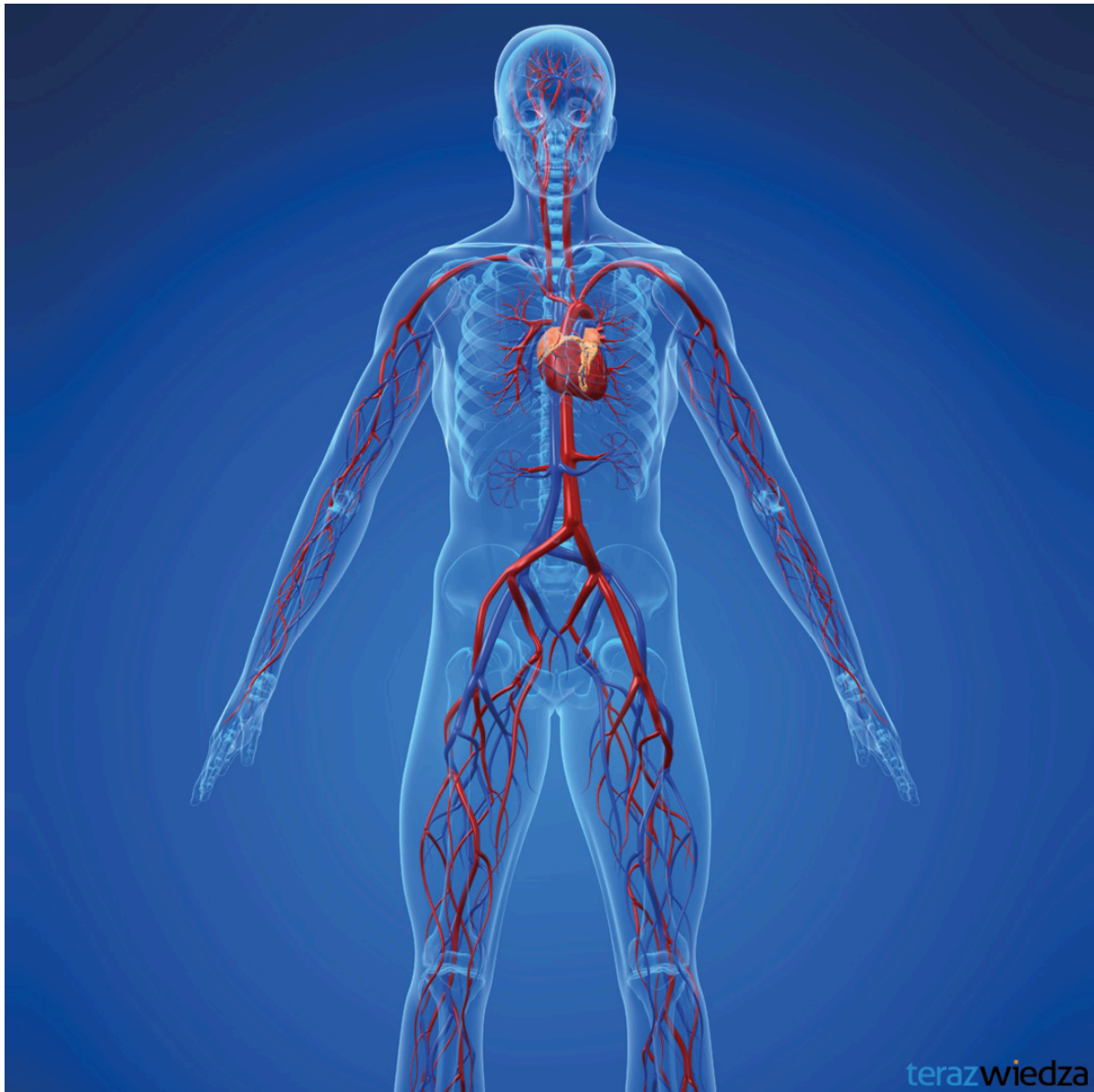
testy interaktywne.



www.terazwiedza.pl

Sprawdź już teraz!

XII. Układ krążenia człowieka

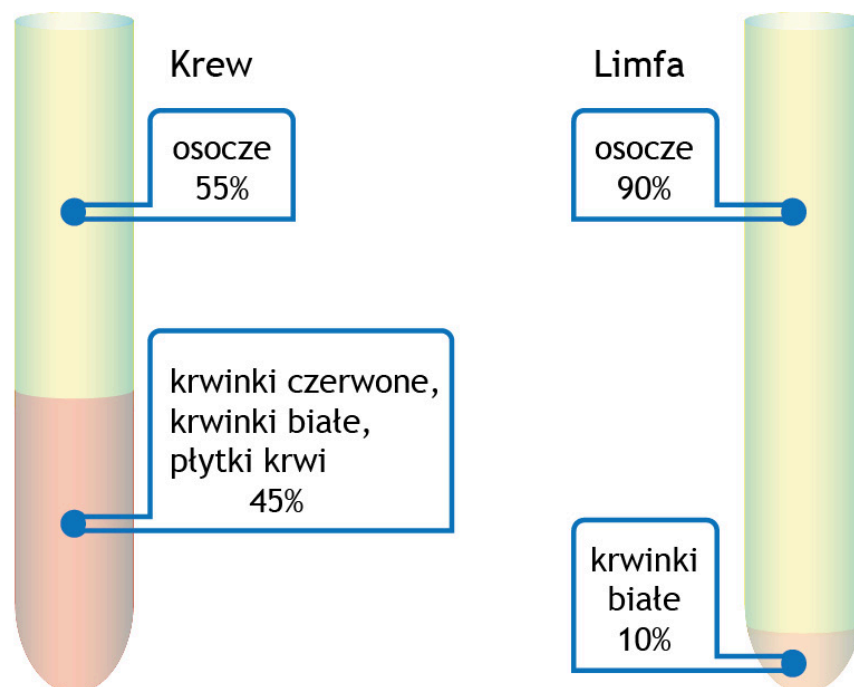


1. Składniki krwi i limfy

1.1. Krew i limfa

Krew i **limfa** składają się z bezpostaciowego (płynnego) osocza oraz elementów morfotycznych. **Osocze** krwi ma jasną żółtawą barwę i w 90% składa się z wody. Pozostałe składniki osocza to: białka, cukry, tłuszcze, mocznik i sole mineralne. Ważnymi białkami osocza są włóknik (fibryna) oraz białka odpornościowe (immunoglobuliny). **Elementami morfotycznymi** krwi są erytrocyty (krwinki czerwone), leukocyty (białe krwinki) oraz trombocyty (płytki krwi). Ich liczba jest określona.

Osocze limfy ma barwę i skład chemiczny bardzo podobne do osocza krwi. Różnica polega na tym, że osocze limfy zawiera więcej tłuszczów. Jedynymi elementami morfotycznymi limfy są leukocyty (białe krwinki). W porównaniu z krwią liczba elementów morfotycznych w limfie jest kilka razy mniejsza.



Porównanie składu krwi i limfy

Krew krąży szybko w zamkniętym systemie naczyń krwionośnych. Limfa powstaje przez przesączanie składników osocza krwi i wywędrowywanie niektórych białych krwinek z najdrobniejszych naczyń krwionośnych. Krążenie limfy jest dużo wolniejsze niż krwi. Krew transportuje substancje

na duże odległości (transport daleki), limfa – bezpośrednio do komórek i z komórek (transport bliski).

1.2. Skład krwi

Skład krwi zdrowego człowieka jest określony – jest to tak zwana norma. Dotyczy to zarówno liczby poszczególnych elementów morfotycznych, jak i składu chemicznego osocza.

Badanie krwi obwodowej – wyniki			
Pacjent: Devion Kaciorski (M)			
Wiek: 15 lat			
Parametr	Wynik		Norma
RBC	5,2	M/ μ l	3,9 do 6
WBC	6	K/ μ l	4,0 do 10
PLT	320	K/ μ l	200 do 400
HGB	14	g/dl	12 do 16
HCT	0,50		0,40 do 0,54
MCV	88	fL	80 do 96
MCH	30	pg	27 do 34
OB	25	mm	1 do 10



Wynik podstawowego badania krwi, tzw. morfologii

RBC - krwinki czerwone (ang. red blood cells), WBC - krwinki białe (ang. white blood cells), PLT - płytki krwi (ang. platelets), HGB - zawartość hemoglobiny w gramach na 1 decylitr (ang. hemoglobin), HCT - hematokryt (stosunek wszystkich elementów morfotycznych krwi do całej objętości krwi), MCV - średnia objętość krwinki czerwonej (ang. mean corpuscular volume), MCH - wskaźnik średniej zawartości hemoglobiny w krwince czerwonej (ang. mean corpuscular hemoglobin)

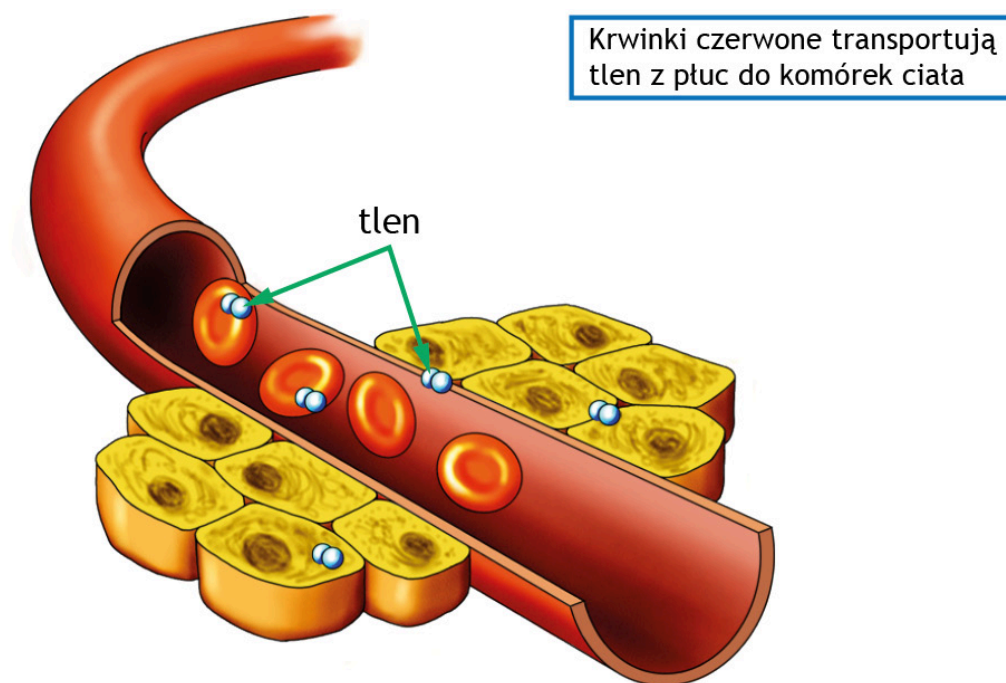
Jednostki miary używane w badaniach krwi	Opis
fl	femtolitr (10^{-15} litra)
pg	pikogram (10^{-12} grama)
M/ μ l	w milionach na 1 mikrolitr (milimetr sześcienny)
K/ μ l	w tysiącach na 1 mikrolitr (milimetr sześcienny)

Pierwszymi trzema wskaźnikami zajmiemy się już za chwilę. Teraz wyjaśnijmy sobie znaczenie wskaźników: hemoglobiny (HGB) i hematokrytu (HTC). Otóż ich obniżony poziom może świadczyć o niedokrwistości (anemii).

1.3. Krwinki czerwone

W krwi najwięcej jest krwinek czerwonych – **erytrocytów**. W 1 milimetrze sześciennym krwi znajduje się od 3,9 miliona do prawie 6 milionów erytrocytów. Dojrzałe erytrocyty nie mają jądra komórkowego i kształtem przypominają dwuwklęsłe soczewki. W stosunku do objętości powierzchnia każdego erytrocytu jest duża. Kiedy więc krwinka przeciska się przez naczynie włosowate w płucach, sprawnie pobiera tlen. Gdy zaś dotrze do naczynia włosowatego, na przykład w stopie, szybko oddaje transportowany tlen.

Uwaga: wynik badania (patrz 1.2) mieści się w normie - oznacza 5,2 miliona erytrocytów w 1 mm^3 .



W cytoplazmie podstawowej erytrocytów znajduje się bardzo dużo czerwonego barwnika – **hemoglobiny**. Hemoglobina łatwo łączy się z tlenem, wówczas powstaje oksyhemoglobina. Połączenie to jest nietrwałe i dlatego oksyhemoglobina równie łatwo tlen oddaje.

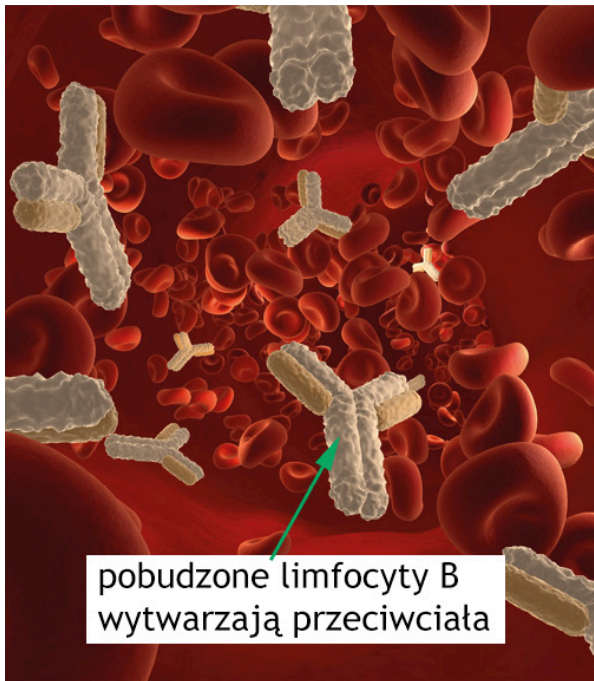
Ważne!

Jeszcze łatwiej hemoglobina łączy się z **tlenkiem węgla** (czadem). Połączenie hemoglobina-tlenek węgla jest trwałe i całkowicie blokuje pobieranie tlenu. Zatrucie czadem jest więc niezwykle niebezpieczne dla zdrowia i życia. Tlenek węgla, jako produkt niepełnego spalania węgla, jest gazem bezbarwnym i bezwonym, toteż bardzo łatwo nie zauważyć jego wydzielania, na przykład w niesprawnych piecach węglowych lub gazowych.

1.4. Krwinki białe

Przeciętnie w 1 mm^3 krwi obwodowej jest od 4 tysięcy do 10 tysięcy krwinek białych – leukocytów. Wszystkie leukocyty mają jądro komórkowe, są większe od erytrocytów i zróżnicowane pod względem kształtu. Leukocytami są limfocyty, granulocyty oraz monocyty. Leukocyty powstają w czerwonym szpiku kostnym, ale namnażają się głównie w węzłach chłonnych.

Uwaga: wynik badania (patrz 1.2) mieści się w normie - oznacza 6 tysięcy leukocytów w 1 mm^3 .



pobudzone limfocyty B
wytwarzają przeciwciała



makrofag - komórka
powstająca z monocytu

Limfocyty są najliczniejszą grupą białych krwinek. Mają kulisty kształt i duże jądro komórkowe. Nie poruszają się. Ich podstawowym zadaniem jest wytwarzanie przeciwciał.

Granulocyty mają w cytoplazmie liczne drobne ziarnistości (granulki) i charakterystyczne płatkowate jądro komórkowe. Po zabarwieniu ziarnistości te widoczne są pod mikroskopem. Granulocyty uczestniczą w różnych reakcjach odpornościowych. Ich liczba się zwiększa, na przykład przy zarażeniu pasożytami lub podczas infekcji bakteryjnej.

Monocyty są dużymi komórkami, które mogą zmieniać kształt i poruszać się ruchem pełzakowatym. Dojrzałe monocyty to makrofagi – krążą we krwi, mogą też wychodzić poza drobne naczynia krwionośne. Ich głównym zadaniem jest pożeranie bakterii.

1.5. Płytki krwi

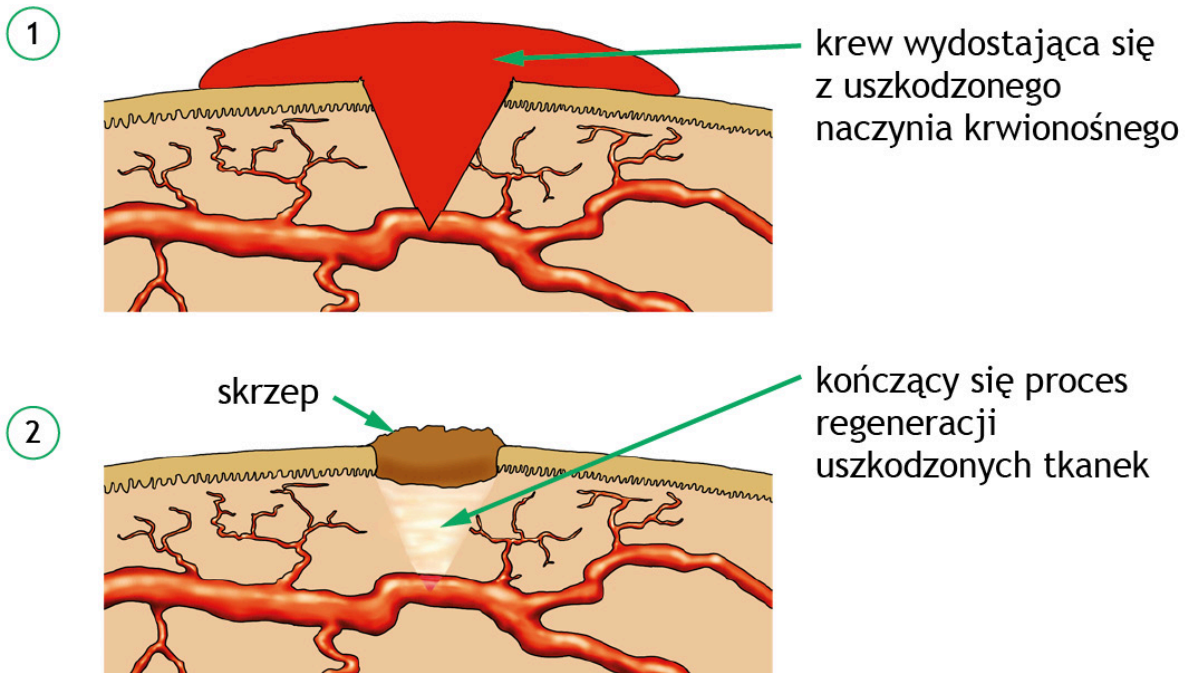
W 1 mm³ krwi znajduje się od 200 tysięcy do 400 tysięcy **płytek krwi** (trombocytów). Trombocyty właściwie nie są komórkami, lecz oderwanymi, małymi fragmentami komórek krwiotwórczych szpiku kostnego. Płytki krwi pozbawione są jądra komórkowego i mają nieregularny kształt. Trombocyty odgrywają bardzo ważną rolę – rozpoczynają proces krzepnięcia krwi.

Uwaga: wynik badania (patrz 1.2) mieści się w normie - oznacza 320

tysiący trombocytów w 1 mm^3 .

W wypadku zranienia organizm musi szybko zatamować wypływ krwi i następnie zregenerować uszkodzone miejsce. W procesie **krzepnięcia krwi** uczestniczą nie tylko płytki krwi, ale także jony wapnia i liczne białka rozpuszczone w osoczu krwi (takim białkiem jest np. fibrynogen).

W miejscu uszkodzenia naczynia krwionośnego (zranienia) gromadzą się płytki krwi. Przyklejają się do brzegów uszkodzenia i uwalniają substancję, dzięki której **fibrynogen** przekształcany jest w **fibrynę** (włóknik). Fibryna jest nierozpuszczalna i wytrąca się z osocza w postaci gęstej sieci lepkich włókienek, która zaczepia się o brzegi uszkodzenia. W sieć włókienek fibrynogenu wpadają liczne erytrocyty. W ciągu kilku minut skracające się włókna fibryny powodują obkurczenie i twardnienie skrzepu, który tamuje krwawienie. Po utworzeniu skrzepu rozpoczyna się proces gojenia rany. Regeneracja drobnych uszkodzeń trwa tylko kilka dni. Większe rany, szczególnie te o gładkich brzegach, mogą goić się nawet wiele tygodni.

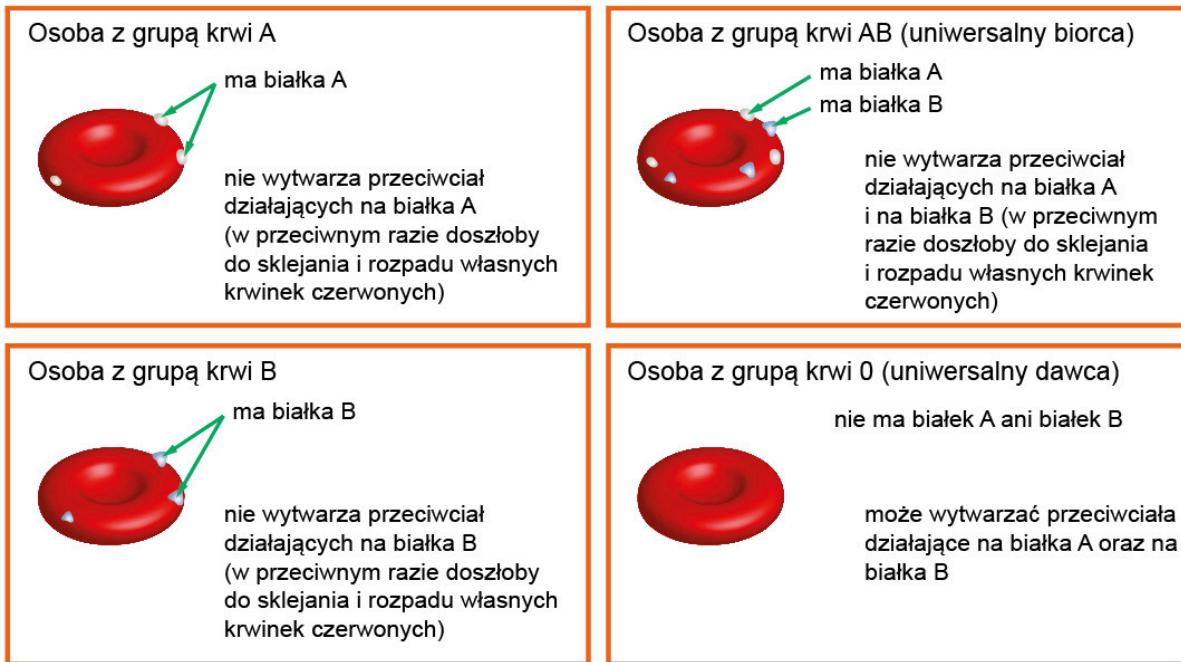


Krzepnięcie krwi

1.6. Grupy krwi

Wyróżniamy cztery rodzaje **grup głównych krwi** człowieka: grupę A, grupę B, grupę AB oraz grupę 0 (zero). Rodzaj grupy krwi zależy od białek

występujących na powierzchni erytrocytów. Osoby, które mają białka oznaczone literą A, mają **grupę krwi A**, osoby z białkami typu B mają **grupę krwi B**. Jeszcze inne osoby mają zarówno białka A, jak białka B – ten rodzaj grupy krwi oznaczono jako **AB**. W przypadku **grupy krwi 0** na powierzchni erytrocytów nie występują ani białka A, ani B.



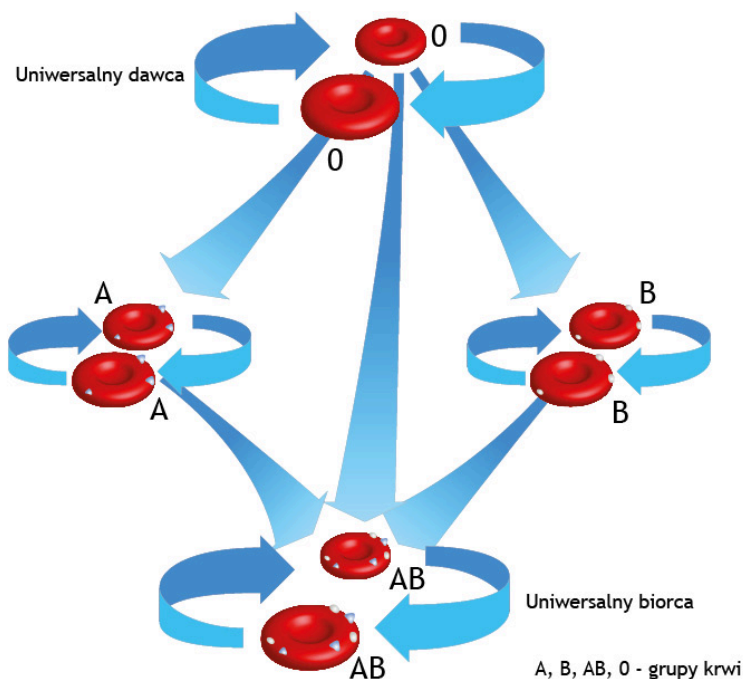
Ludzie różnią się grupą krwi

Osobie z grupą krwi A można **przetoczyć** tylko krew grupy A lub krew grupy 0. Jeśli przetoczymy krew grupy B lub AB, komórki odpornościowe biorcy rozpoznają obce białka B i nastąpi reakcja odpornościowa. Między innymi limfocyty biorcy zaczną produkować **przeciwciała** anty-B. Doprowadzą do zlepiania się erytrocytów (**aglutynacji**) i bardzo niebezpiecznych powikłań. Analogicznie jest z grupą krwi B. Osobie z tą grupą można przetoczyć krew grupy B lub 0. Nie można natomiast przetoczyć ani krwi grupy A, ani grupy AB.

Do początku XX w., kiedy to odkryto grupowe właściwości krwi, transfuzje były tak ryzykowane, że wykonywano je tylko w ostateczności.

Osobie, która ma grupę krwi AB, można przetaczać krew wszystkich grup, ponieważ jej organizm nigdy nie wytwarza przeciwciał anty-A ani anty-B, jest więc ona **uniwersalnym biorcą**. Krew osoby z grupą krwi 0 można przetaczać każdemu człowiekowi – jest **uniwersalnym dawcą**.

Dzieje się tak, ponieważ w krwi grupy 0 nie ma białek (antygenów) A i B.

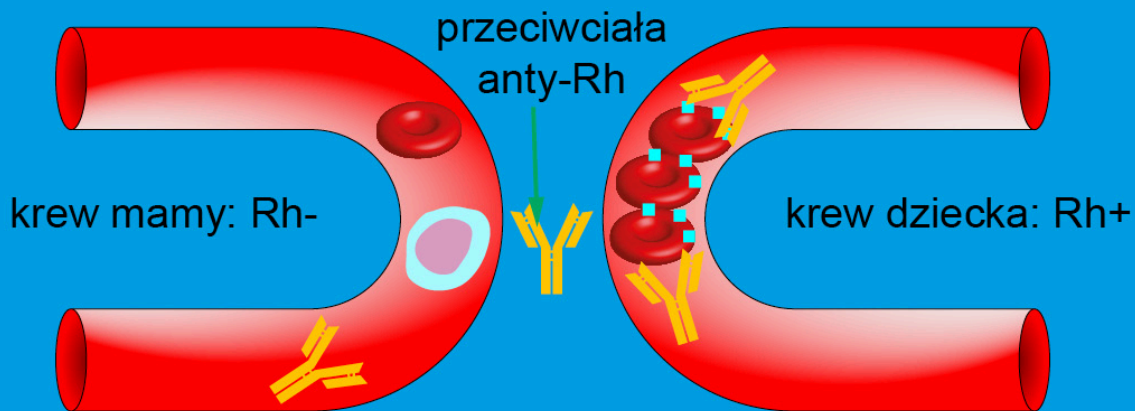


Transfuzja krwi - możliwości przetaczania

Krwinki czerwone większości ludzi mają na swojej powierzchni białko – **czynnik Rh**. Mówimy, że ich krew jest Rh dodatnia (Rh⁺). Osoby bez tego czynnika mają krew Rh ujemną (Rh⁻). Czynnik Rh daje reakcje słabsze, ale podobne jak mieszanie krwi różnych grup.

Konflikt serologiczny polega na tym, że organizm matki produkuje przeciwciała atakujące krwinki płodu. Taka sytuacja może zaistnieć tylko, jeśli przyszła mama ma krew oznaczoną jako Rh-, natomiast dziecko ma krew Rh+ (cechę tę odziedziczyło po ojcu). Podczas porodu dochodzi do kontaktu krwi dziecka i matki. Wówczas uczulone limfocyty B matki wytwarzają przeciwciała anti-Rh. Przeciwciała anti-Rh i limfocyty pozostają w krwiobiegu mamy. W wypadku kolejnej ciąży, jeśli dziecko również będzie miało krew Rh+, przeciwciała anti-Rh matki przenikną przez łożysko i zaatakują krwinki płodu. Może to doprowadzić do bardzo poważnych uszkodzeń rozwijającego się dziecka. Przyszli rodzice, u których może dojść do konfliktu serologicznego, powinni zasięgnąć porady lekarza ginekologa.

Druga ciąża – wystąpił konflikt serologiczny



Krew ludzi różni się czynnikiem Rh - może to być przyczyną konfliktu serologicznego.

Uwaga: Jeśli dziecko ma krew Rh-, nie dochodzi do konfliktu serologicznego!

1.7. Podsumowanie

1. Krew pełni funkcję termoregulacyjną, odpornościową oraz transportową (transportuje gazy oddechowe, składniki pokarmowe, hormony i szkodliwe produkty metabolizmu).

2. U człowieka wyróżnia się cztery główne grupy krwi: A, B, AB i 0 (zero). Rodzaj grupy determinują białka występujące na powierzchni erytrocytów. W zależności od grupy krwi w osoczu występują różne przeciwciała: grupa A – przeciwciała anti-B, grupa B – przeciwciała anti-A, grupa 0 – przeciwciała anti-A i przeciwciała anti-B. Krew grupy AB nie zawiera żadnych przeciwciał. Podczas transfuzji krwi należy uwzględnić pełną zgodność grup krwi między dawcą a biorcą.

3. Krew ludzi różni się także czynnikiem Rh. W sytuacji, kiedy matka ma grupę Rh-, a ojciec Rh+, może dojść do konfliktu serologicznego.

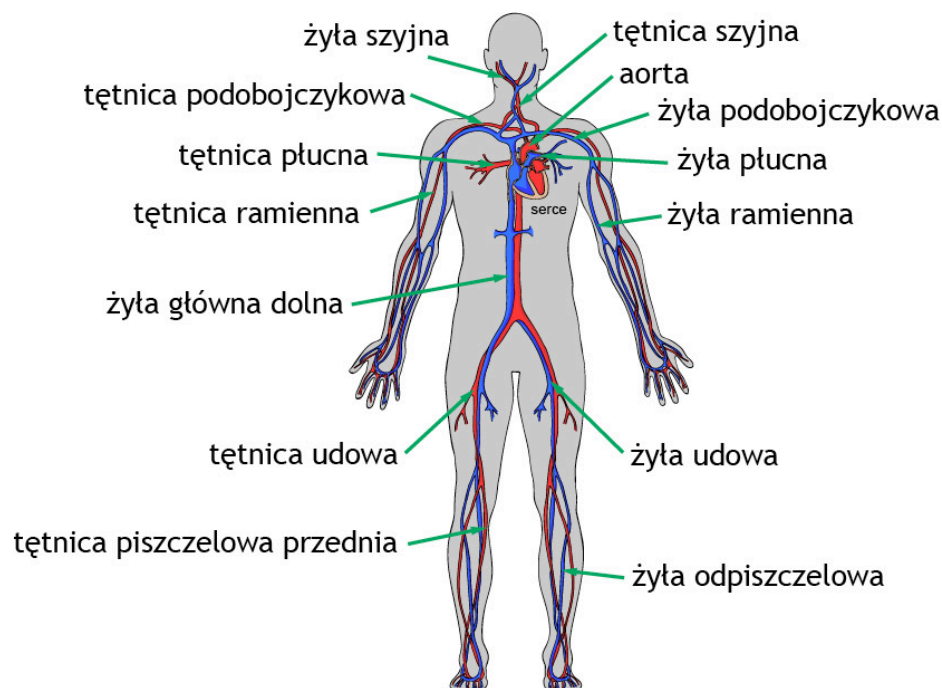
2. Układ krwionośny - budowa i praca

2.1. Wstęp

Układ krwionośny człowieka składa się z sieci **naczyń krwionośnych**, **serca** oraz wypełniającej je **krwi**. Transportuje tlen z płuc do wszystkich części ciała (np. do komórek mięśniowych), natomiast dwutlenek węgla w kierunku odwrotnym. Ponadto transportuje substancje pokarmowe wchłonięte w jelicie cienkim, hormony z miejsc, w których są wytwarzane, do komórek zwanych docelowymi oraz szkodliwe produkty przemiany materii do narządów wydalniczych. Krew pełni też funkcje odpornościowe i rozprawdza ciepło.

W układzie krwionośnym występuje tkanka nabłonkowa (nabłonek jednowarstwowy płaski), tkanka mięśniowa gładka (w ścianach serca jest to tkanka mięśniowa poprzecznie prążkowana serca) oraz tkanka łączna.

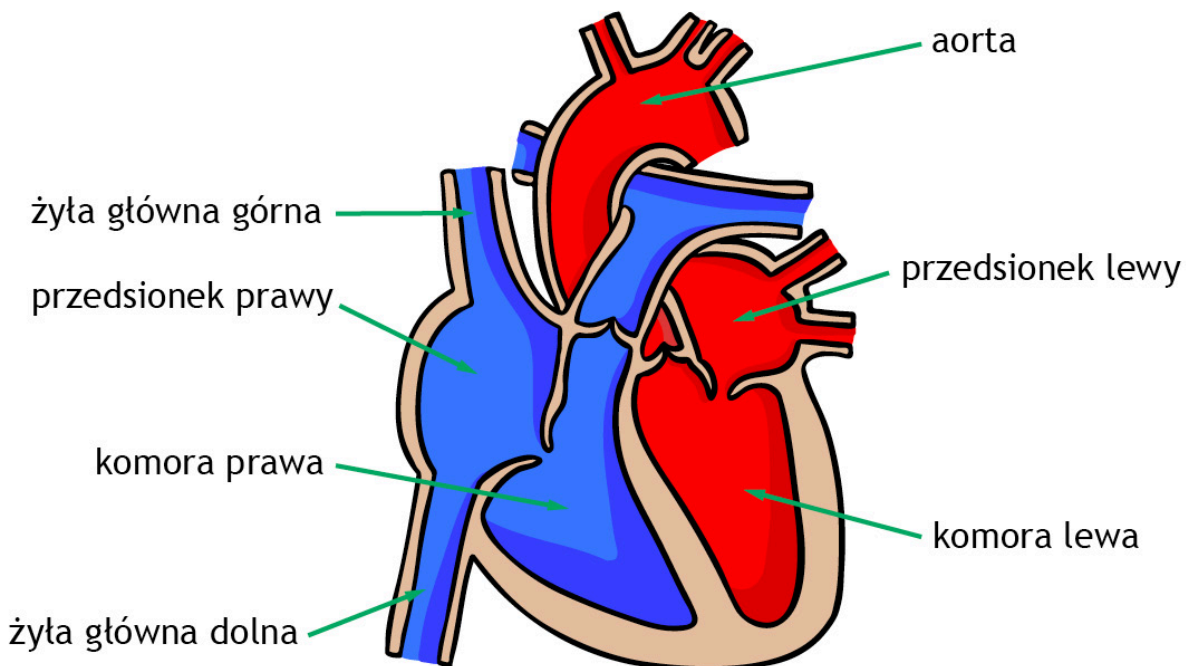
Układ krwionośny człowieka jest **zamknięty** i **dwuobiegowy**. Przypomnijmy, że układ krwionośny zamknięty to taki, w którym krew krąży tylko w naczyniach krwionośnych i nie wylewa się do jamy ciała (nie opuszcza światła naczyń krwionośnych). W układzie krwionośnym dwuobiegowym wyróżnia się dwa obiegi krwi: **płucny** (mały) i **ustrojowy** (duży, obwodowy).



2.2. Serce

Centralną częścią układu krwionośnego jest **czterojamowe serce** (mające dwa przedsionki i dwie komory). Serce człowieka jest organiczną pompą wielkości zaciśniętej pięści, znajduje się w klatce piersiowej z lewej strony, za mostkiem. Rytmiczne **skurcze serca** tłoczą krew do naczyń tętniczych.

Od zewnątrz serce otacza łącznotkankowa błona – **osierdzie**. Ściany serca buduje głównie tkanka mięśniowa serca. Od wewnątrz serce wyściełane jest nabłonkiem jednowarstwowym płaskim.

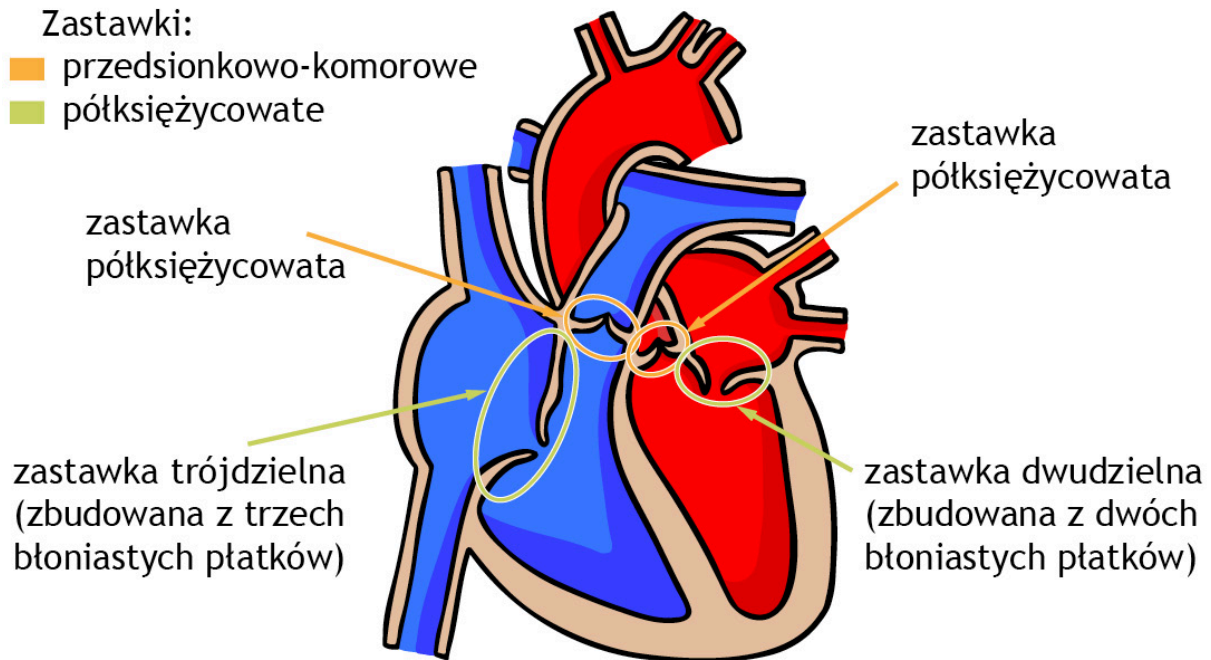


Jamy serca (naczynia krwionośne zaznaczone na rycinie nie są częścią serca!)

Ściany **przedsionków** są znacznie cieńsze niż ściany komór. Lewa **komora** ma zaś ścianę grubszą niż prawa (lewa komora obsługuje obieg ustrojowy, który jest znacznie większy niż obieg płucny). Lewa strona serca oddzielona jest od prawej przegrodami. Między lewym i prawym przedsionkiem znajduje się **przegroda międzyprzedsionkowa**, między komorą lewą i prawą – **przegroda międzykomorowa**. Dzięki przegrodom krew natlenowana nie miesza się z krwią odtlenowaną.

W sercu znajdują się cztery **zastawki**, które uniemożliwiają cofanie się krwi. Dzięki zastawkom krew płynie przez serce zawsze tylko w jednym

kierunku (przedsionek-komora-tętnica). Zastawki występują między przedsionkami i komorami (**trójdzielna** i **dwudzielna**) oraz między komorami i tętnicami (**półksiężycowate**). W miejscach, gdzie żyły uchodzą do przedsionków serca, nie ma zastawek!

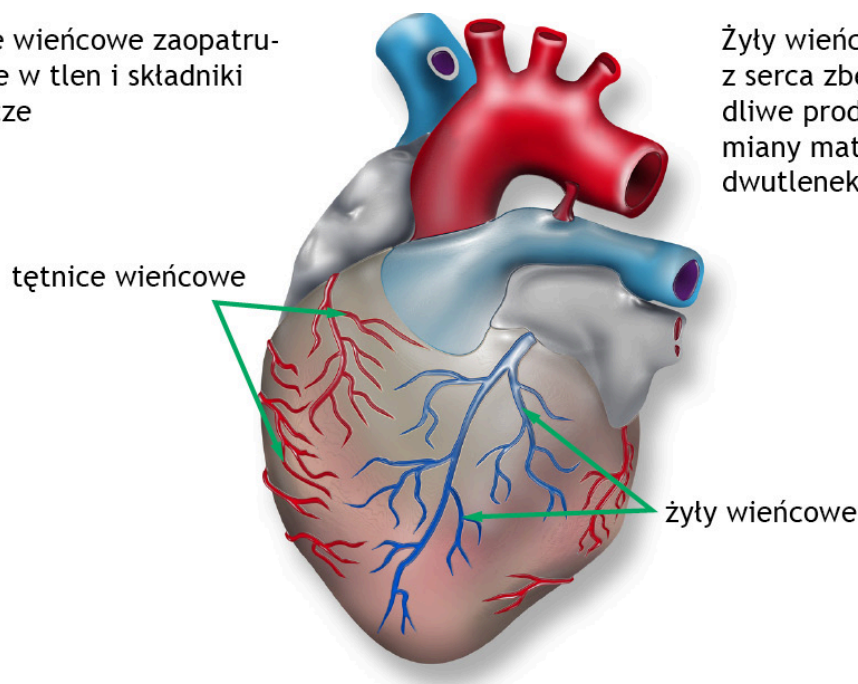


Zastawki serca

Serce zużywa bardzo dużo tlenu i glukozy. Zaopatrzenie zapewnia sercu jego własny system naczyń krwionośnych. Ze względu na charakterystyczny wygląd nazwano go **krażeniem wieńcowym**. Serce oplatają: odchodzące od aorty tętnice wieńcowe, które przechodzą w naczynia włosowate, te zaś zbierają się w żyły wieńcowe uchodzące do prawego przedsionka.

Tętnice wieńcowe zaopatrują serce w tlen i składniki odżywcze

Żyły wieńcowe usuwają z serca zbędne i szkodliwe produkty przemiany materii (m.in. dwutlenek węgla)

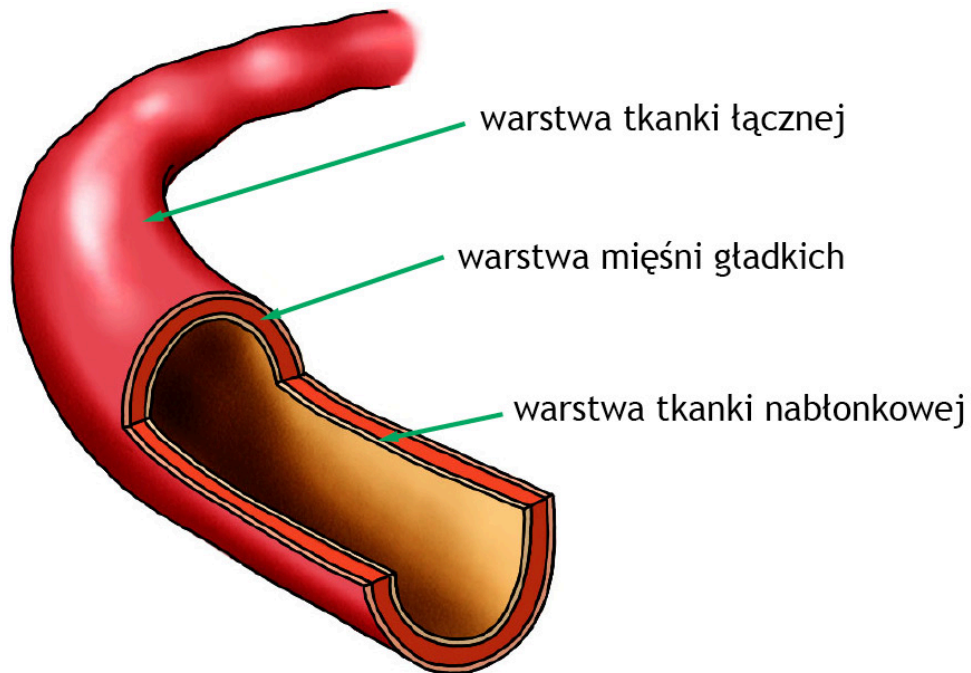


Komputerowy model serca - naczynia wieńcowe

2.3. Naczynia krwionośne

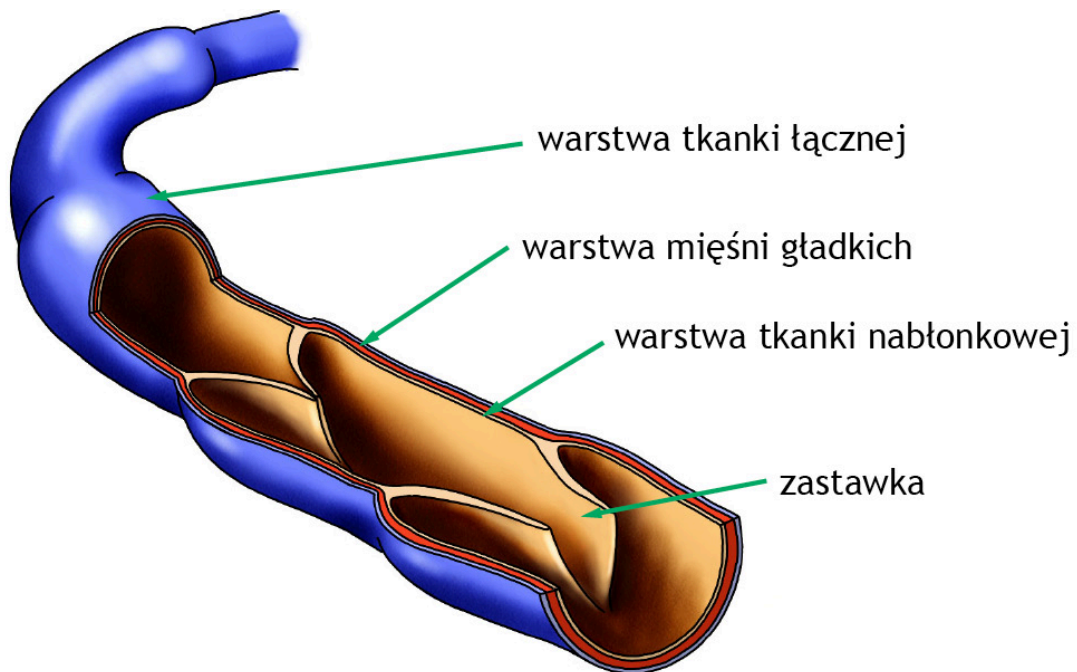
Naczynia krwionośne to: tętnice, żyły i naczynia włosowate.

Tętnice są naczyniami, którymi krew płynie od serca. Duże tętnice mają grube i sprężyste ściany (z rozbudowaną warstwą mięśni gładkich). Taka budowa ma dwie ważne zalety. Po pierwsze, ściany tętnic są odporne na rozerwanie (naczynia te tłoczą krew pod dużym ciśnieniem). Po drugie, kiedy skurcz komór serca wtłacza krew do tętnic, ich ściany ulegają nieznacznemu rozciągnięciu, ale zaraz potem się skracają. Zjawisko rytmicznego rozszerzania i zwężania tętnic obserwujemy jako rozchodzące się fale **tętna**.



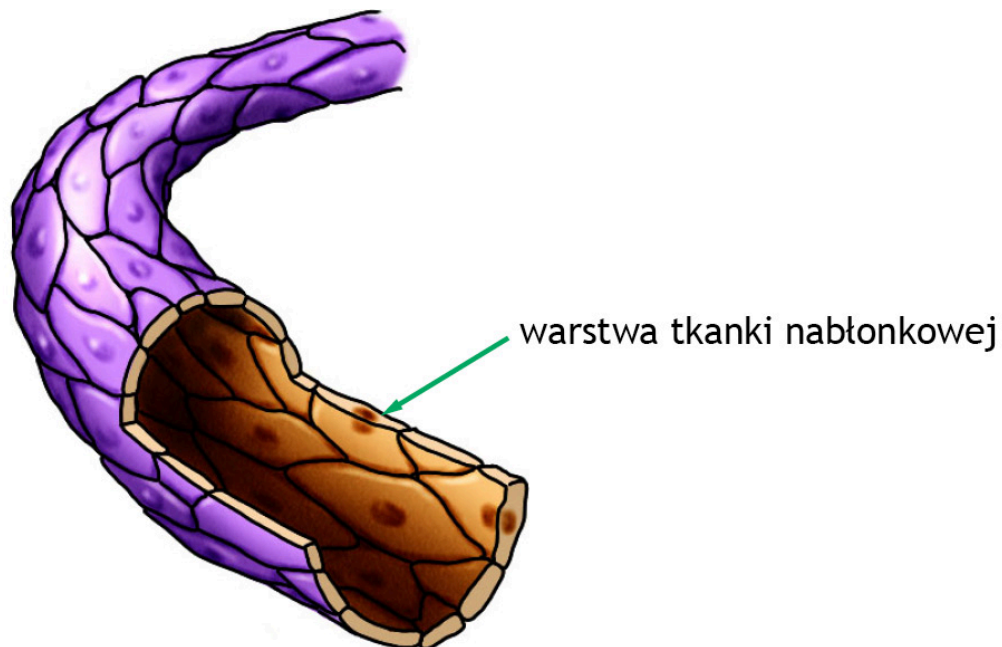
Naczynia krwionośne - tętnica

Żyły są naczyniami, którymi krew płynie do serca. Ciśnienie krwi w żyłach jest małe. Naczynia te mają dość cienkie i elastyczne ściany ze słabo rozbudowaną warstwą mięśni gładkich. Część żył ma **zastawki** zapobiegające cofaniu się krwi. Zastawka jest fałdem warstwy wewnętrznej naczynia. Dzięki temu, że ściany żył łatwo ulegają rozciągnięciu, naczynia te mogą transportować różną ilość krwi.



Naczynia krwionośne - żyła

Naczynia włosowate we wszystkich narządach docelowych łączą tętnice z żyłami. Ciśnienie w naczyniach włosowatych jest małe. Ich ściany są bardzo cienkie, zbudowane tylko z nabłonka. W naczyniach włosowatych nie ma zastawek.



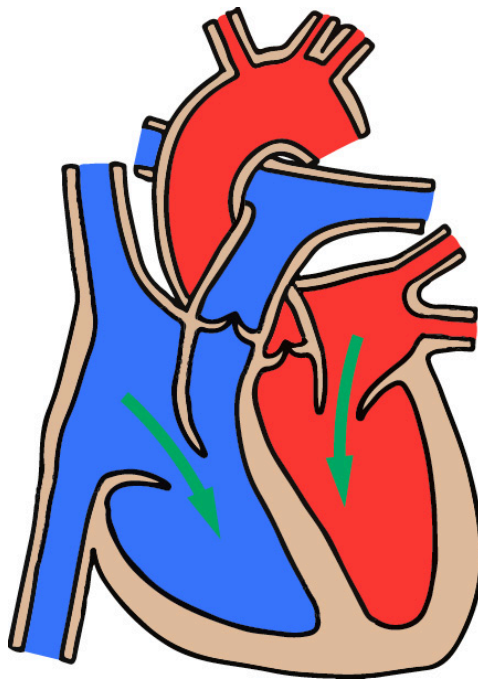
Naczynie krwionośne włosowate

Nabłonek wyściełający wewnętrzną powierzchnię wszystkich naczyń krwionośnych ma gładką powierzchnię. Dzięki temu krew może łatwiej krążyć (siły tarcia są małe).

2.4. Praca serca

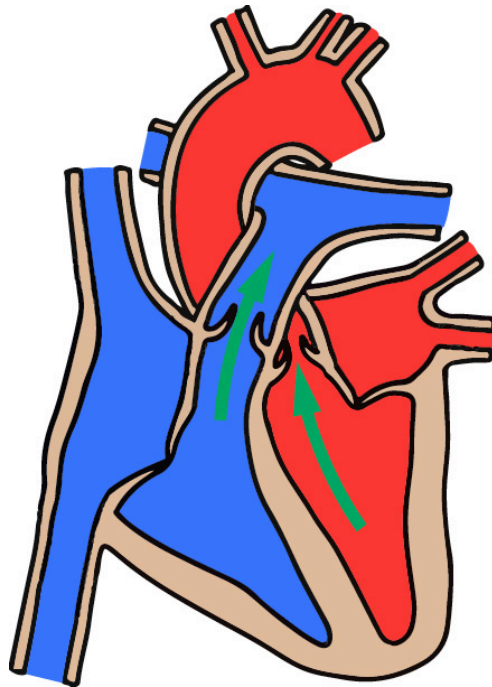
Pojedynczy **cykl pracy serca** składa się z trzech charakterystycznych faz: skurczu przedsionków, skurczu komór i fazy spoczynku.

W fazie pierwszej następuje **skurcz** obu **predsionków**. Zmniejszając swoją objętość przedsionki wtłaczają krew do komór. A zatem w tym czasie komory wypełniają się krwią. Zastawki między komorami i tętnicami są zamknięte (krew nie wraca do serca).



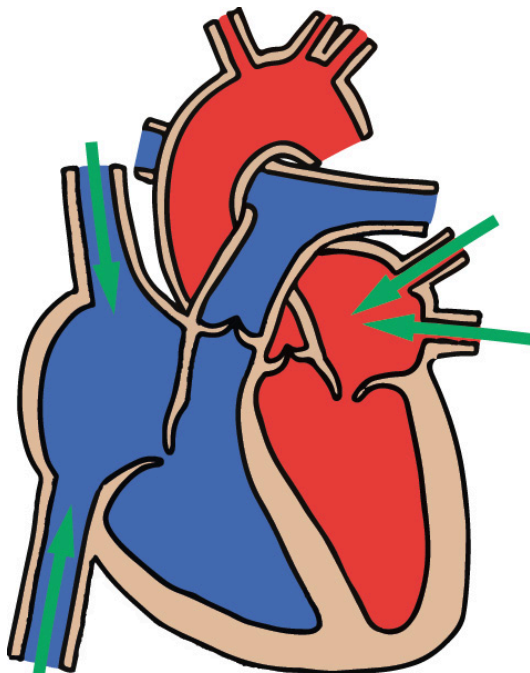
Pojedynczy cykl pracy serca: skurcz przedsionków

W fazie drugiej następuje **skurcz** obu **komór**. Zmniejszając swoją objętość komory z dużą energią wtłaczają krew do tętnic (prawa komora – do pnia płucnego, lewa – do aorty). Cofaniu się krwi do przedsionków zapobiegają zamknięte zastawki przedsionkowo-komorowe. W tym czasie przedsionki się nie kurczą.



Pojedynczy cykl pracy serca: skurcz komór

W **fazie spoczynku serca** zarówno przedsionki, jak i komory są rozkurczone (stąd popularne określenie - pauza). Krew nie może cofać się z tętnic, ponieważ zastawki półksiężycowate są zamknięte. Podczas pauzy krew napływa z żył do przedsionków i częściowo wypełnia komory (zastawki przedsionkowo-komorowe są otwarte).



Pojedynczy cykl pracy serca: faza spoczynku (pauza)

Każdy skurcz komór wtłacza do tętnic niewielką porcję krwi. Kiedy odpoczywamy, serce kurczy się 70 razy na minutę i tłoczy około 5 litrów krwi. Podczas wysiłku może to być nawet ponad 25 litrów (częstotliwość skurczów serca może wówczas przekroczyć 200 na minutę!). Wielkość **przepływu krwi** zależy nie tylko od aktywności fizycznej, ale także emocji i wieku.

Miarą aktywności serca jest **tętno**, czyli puls. Tętno to falisty ruch rozszerzających się naczyń tętniczych. Można go wyczuć po delikatnym uciśnięciu tętnicy opuszkami dwóch palców (pojawia się, gdy w uciskanym miejscu przepływa kolejna „porcja” krwi wyrzucona przez kurczące się serce). Tak więc mierząc tętno, określamy liczbę uderzeń serca (w ciągu jednej minuty). Do badania tętna wykorzystuje się tętnicę promieniową lub szyjną (obie przebiegają tuż pod powierzchnią skóry).

Krew tłoczona jest w tętnicach pod dużym ciśnieniem. U dorosłego zdrowego człowieka ciśnienie krwi w tętnicy ramiennej wynosi 120/80 mm Hg (wartość 120 mm Hg określa **ciśnienie skurczowe**, wartość 80 mm Hg – **ciśnienie rozkurczowe**).

Uwaga: mm Hg - jednostka ciśnienia w milimetrach słupa rtęci (1 mm Hg = 1,33 hPa, gdzie 1 hPa to 133,3 Paskali).

Podstawowy rytm pracy serca jest niezależny od impulsów układu nerwowego. Serce kurczy się **samoistnie** dzięki specjalnym komórkom mięśniowym, które w bardzo regularnych odstępach czasu same wytwarzają niewielkie impulsy elektryczne. Impulsy te powodują, że najpierw kurczą się przedsionki, a następnie komory. Komórki generujące impulsy skurczowe tworzą tak zwany **rozzusznik serca**. Całe zjawisko nazywa się **automatyzmem pracy serca**. Oczywiście serce człowieka jest unerwione i impulsy nerwowe z mózgowia mogą przyspieszać lub zwalniać pracę serca.

Niewielkie impulsy elektryczne pojawiające się w sercu można rejestrować za pomocą specjalnych elektrod i analizować komputerowo. Taki graficzny zapis pracy serca nazywamy **elektrokardiogramem (EKG)**. Doświadczony **kardiolog** potrafi odczytywać znaczenie drobnych zmian w zapisie EKG i wskazać, czy praca serca jest prawidłowa. Czasem zachodzi

konieczność przeanalizowania pracy serca przez całą dobę (czy bije za szybko lub nierównomiernie). Wówczas stosuje się urządzenie zwane monitorem Holtera (pacjent nosi przymocowane do tułowia elektrody).

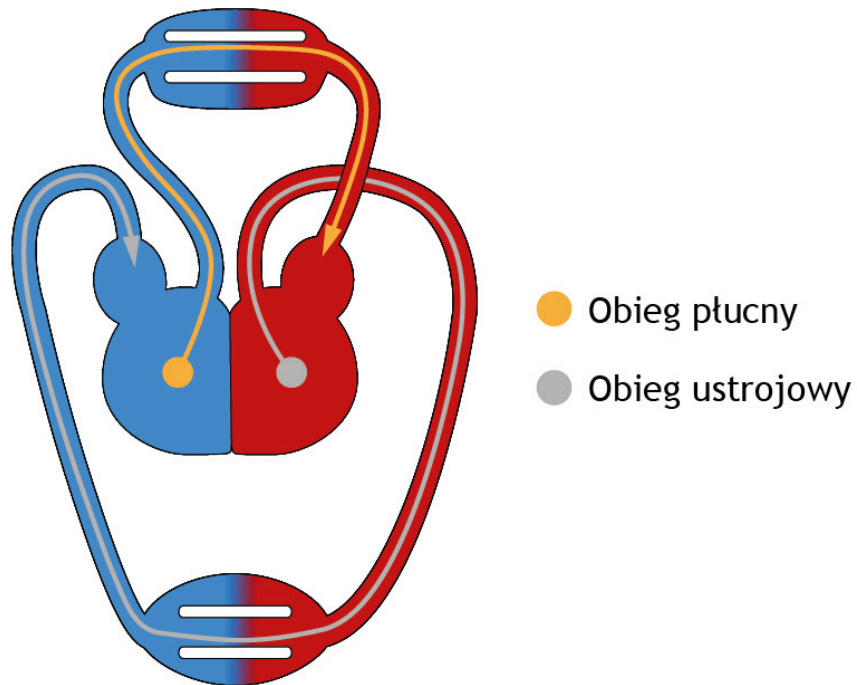


Badania EKG są ważne w profilaktyce chorób serca

Wykres EKG składa się z odcinków i załameków. Przy interpretacji wyniku EKG istotny jest nie tylko ich wygląd, ale także odległości (czas) między poszczególnymi częściami zapisu

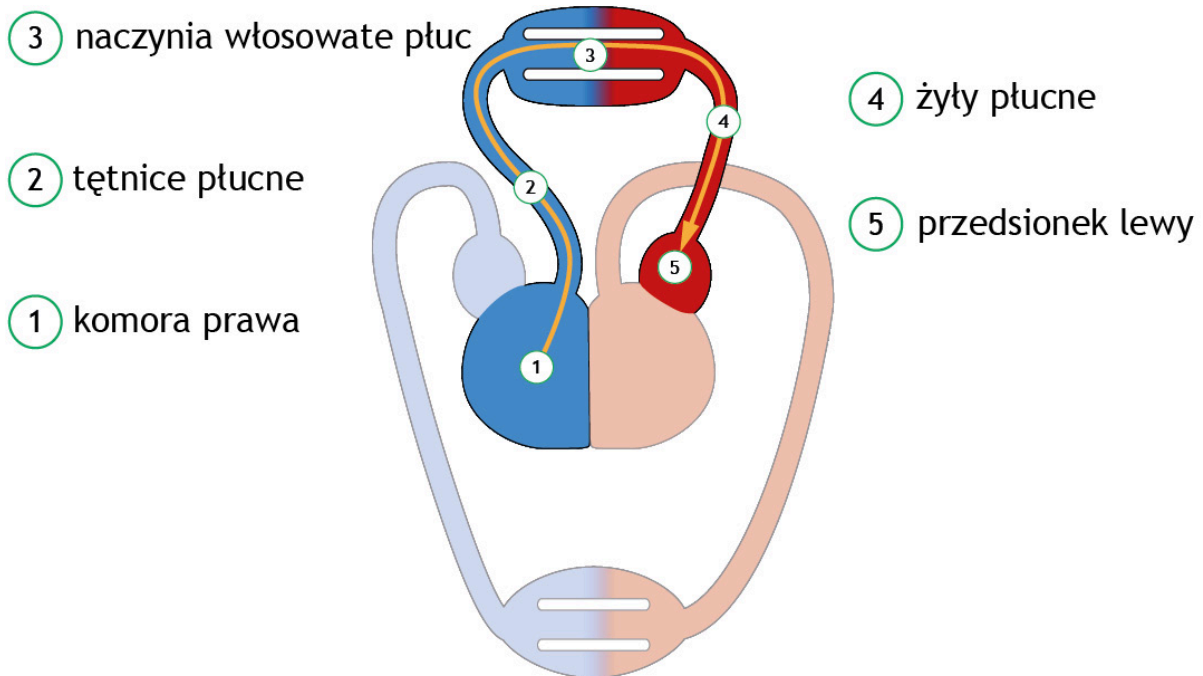
2.5. Krążenie krwi

Dwa obiegi krwi zapewniają bardzo wysoką sprawność układu krwionośnego. Obieg płucny obsługuje płuca – tam krew oddaje dwutlenek węgla i pobiera tlen. Obieg ustrojowy zaopatruje wszystkie narządy i tkanki – tam krew oddaje tlen, natomiast pobiera dwutlenek węgla. Obieg płucny jest znacznie mniejszy niż obieg ustrojowy (ma mniejszą objętość i łączną długość naczyń), dlatego pierwszy nazywany jest małym obiegiem krwi, drugi – dużym obiegiem krwi.

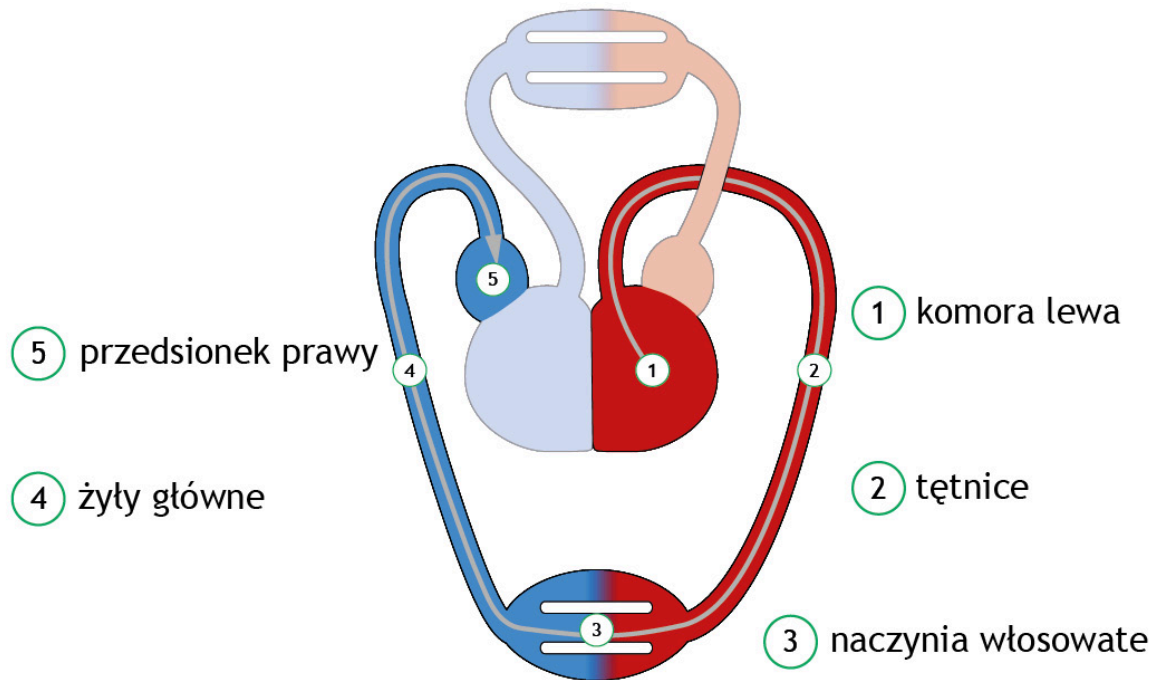


Krwiobieg

Krwiobieg płucny zaczyna się w prawej komorze serca. Z niej krew tłoczona jest tak zwanym pniem tętniczym, który rozgałęzia się na tętnice płucne wchodzące do obu płuc. Tętnice płucne przechodzą w coraz drobniejsze naczynia tętnicze, te zaś w naczynia włosowate oplatające pęcherzyki płucne. Naczynia włosowate zbierają się w coraz większe żyły. Z płuc krew płynie żyłami płucnymi do przedsionka lewego.



Krwiobieg ustrojowy zaczyna się w lewej komorze serca. Z niej krew tłoczona jest **aortą**, która rozgałęzia się na duże tętnice zaopatrujące wszystkie części ciała. Duże tętnice przechodzą w drobniejsze naczynia tętnicze, te zaś w naczynia włosowate docierające do wszystkich tkanek. Dalej naczynia włosowate zbierają się w coraz większe żyły. Do serca krew wraca żyłami głównymi: górną i dolną. Żyły te uchodzą do przedsionka prawego.



2.6. Podsumowanie

1. Układ krążenia człowieka tworzą wzajemnie się uzupełniające układy: krwionośny i limfatyczny.

2. Układ krwionośny człowieka jest zamknięty. Składa się z serca, naczyń krwionośnych oraz krążącej w nich krwi.

3. Krew krąży w naczyniach krwionośnych dzięki samoistnym, rytmicznym skurczom mięśnia sercowego. Jeden cykl pracy serca składa się z trzech faz: skurczu przedsionków, skurczu komór i pauzy.

4. Serce znajduje się w klatce piersiowej, ma własny system naczyń krwionośnych (naczynia wieńcowe) doprowadzających glukozę i tlen. Serce człowieka jest czterodzielne (czteroczęściowe, czterojamowe) – składa się z dwóch przedsionków i dwóch komór. Pomiedzy przedsionkami i komorami oraz komorami a tętnicami znajdują się zastawki zapobiegające cofaniu się krwi.

5. Krew człowieka krąży w dwóch obiegach: małym (płucnym) i dużym (ustrojowym).

6. Z komór serca wychodzą tętnice, naczynia o grubych i sprężystych ścianach. Tętnice rozgałęziają się, ostatecznie tworząc sieć mikroskopijnych naczyń włosowatych (oplatających wszystkie narządy).

Naczynia włosowate się zbiegają, tworząc żyły. Żyły są naczyniami krwionośnymi, którymi krew wraca do przedsionków serca. Ściany żył są cienkie i elastyczne, część żył ma zastawki.

3. Wybrane problemy medyczne

3.1. Choroby układu krążenia

Dbałość o dobry stan układu krwionośnego jest obowiązkiem każdego człowieka. Należy więc odpowiednio się odżywiać, dbać o kondycję fizyczną i w miarę możliwości zmniejszać poziom stresu. Palenie papierosów i nadużywanie alkoholu też jest przyczyną wielu problemów. Do najczęstszych chorób układu krwionośnego zaliczamy nadciśnienie tętnicze, miażdżycę i chorobę wieńcową.

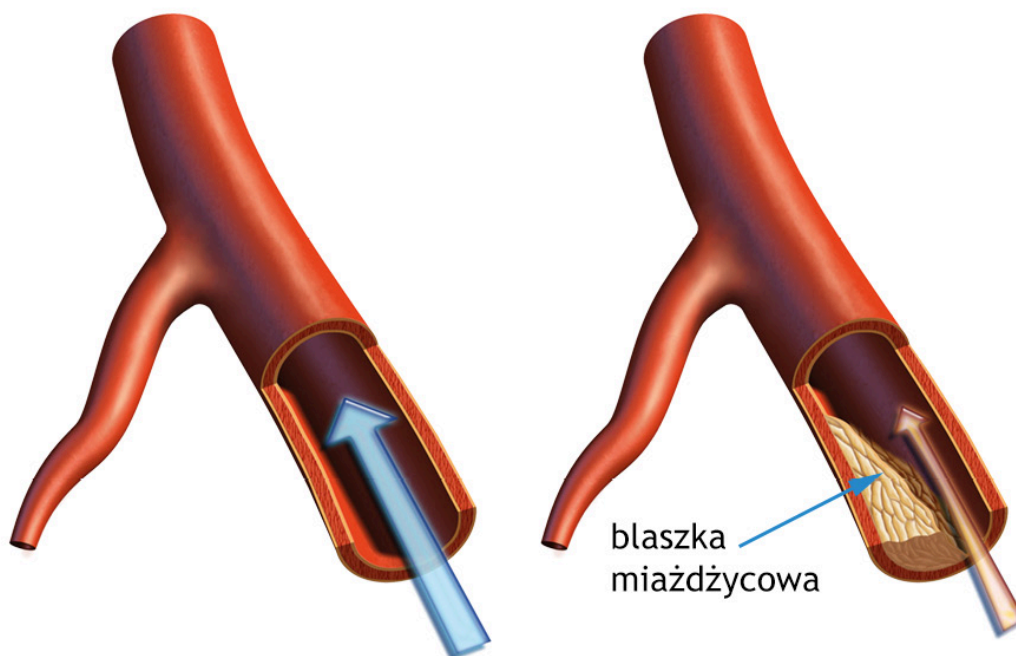
O **nadciśnieniu tętniczym** mówimy wówczas, gdy ciśnienie krwi jest stale podwyższone. Przyjęto, że utrzymująca się wartość 160/90 mm Hg już niebezpiecznie przeciąża serce. Nadciśnienie powstaje, gdy serce pompuje zbyt wiele krwi (np. na skutek długotrwałego stresu) lub w sytuacji, gdy naczynia krwionośne są zwężone.



Urządzenie do pomiaru ciśnienia krwi i tętna. Zastanów się, co może oznaczać wynik na wyświetlaczu (SYS to skrót od angielskiego systole - skurcz serca, DIA oznacza diastole - rozkurcz serca)

Zwężenie naczyń krwionośnych jest objawem miażdżycy. **Miażdżycy** polega na tym, że w ścianach naczyń krwionośnych odkładają się złogi tłuszczu, tak zwanej blaszki miażdżycowej, która zmniejsza przepływ krwi

i elastyczność naczyń krwionośnych.



Miażdżycyca utrudnia przepływ krwi przez naczynia

Choroba wieńcowa jest miażdżycą tętnic wieńcowych. Może doprowadzić do zawału serca – obumarcia części serca na skutek niedotlenienia. W Polsce zawały są często przyczyną śmierci.



Ćwiczenia z zastosowania defibrylatora - urządzenia służącego do przywracania pracy serca

Schorzeniami krwi i układu krwionośnego zajmuje się **hematologia**. Lekarze specjaliści to **hematolodzy**. **Kardiologia** jest dziedziną medycyny, która zajmuje się schorzeniami serca i naczyń krwionośnych. Lekarze specjaliści to **kardiolodzy**.

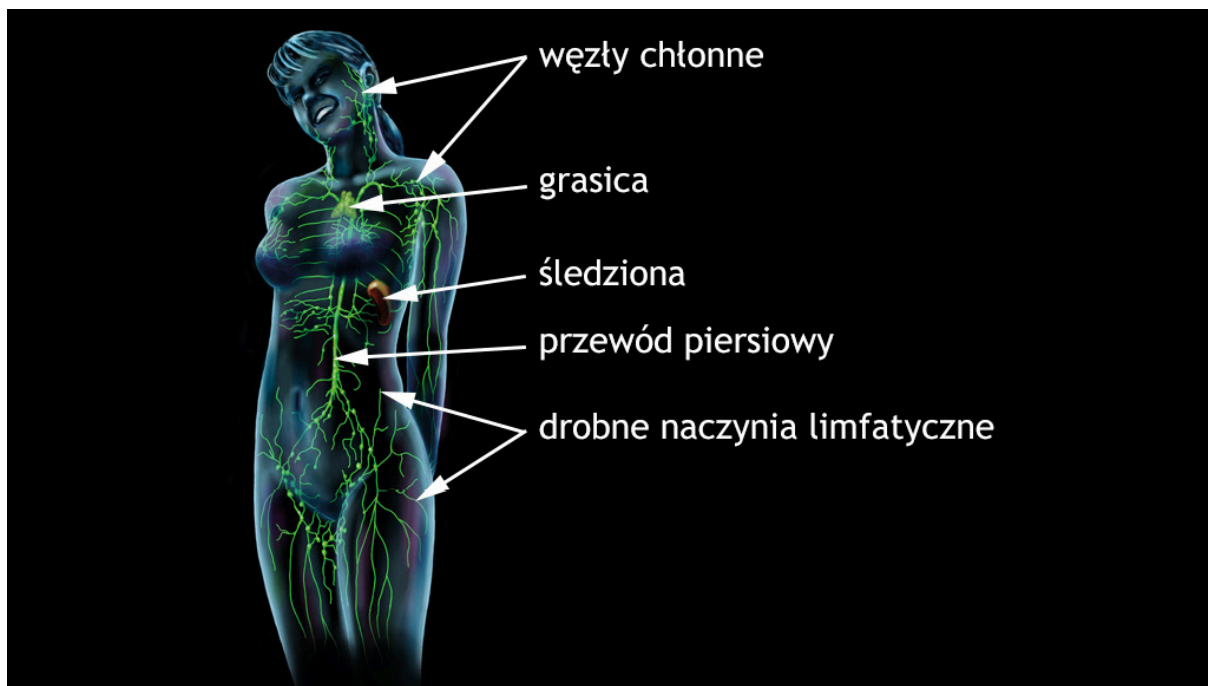
3.2. Podsumowanie

1. Dużą sprawność układu krążenia zapewnia właściwe żywienie i aktywność fizyczna.
2. Do częstych chorób układu krążenia należą: nadciśnienie, miażdżyca i choroba wieńcowa.

4. Układ limfatyczny

4.1. Wstęp

Układ limfatyczny (chłonny) człowieka jest **otwarty** i nie ma w nim żadnej pompy tłoczącej. W skład układu limfatycznego wchodzi: **naczynia limfatyczne** (naczynia włosowate i przewody limfatyczne), **węzły chłonne**, **śledziona** i **grasica**. W węzłach chłonnych znajdują się makrofagi, które oczyszczają przepływającą limfę z drobnoustrojów chorobotwórczych. W śledzionie niszczone są drobnoustroje oraz martwe i uszkodzone erytrocyty. Grasica jest miejscem dojrzewania limfocytów. Po 20. roku życia aktywność grasicy stopniowo zanika (narząd wypełnia tkanka tłuszczowa).



Układ limfatyczny człowieka

Układ limfatyczny uzupełnia działanie układu krwionośnego: pośredniczy w wymianie substancji między osoczem krwi a tkankami (osocze krwi-limfa-komórki docelowe i odwrotnie), ma udział w odporności ustrojowej, a także dostarcza płyn przesączony w naczyniach włosowatych z powrotem do naczyń krwionośnych.

Do układu limfatycznego zaliczane są również **migdałki** znajdujące się w ścianach jamy ustnej i gardła. Podstawowym zadaniem migdałków jest usuwanie drobnoustrojów dostających się do jamy nosowej i jamy ustnej

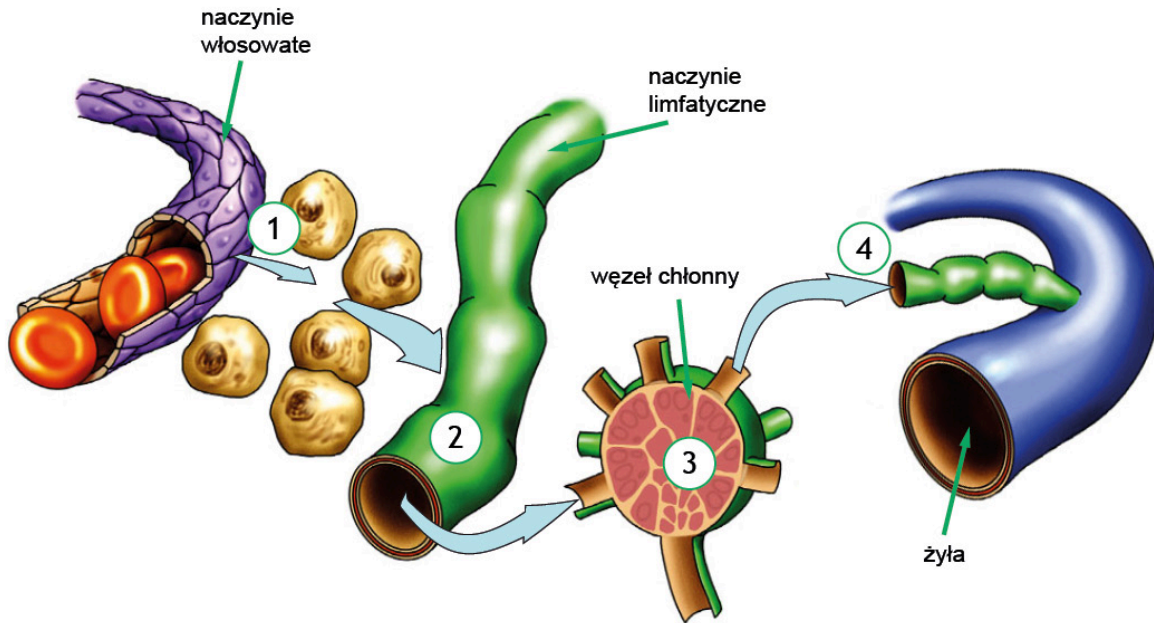
wraz z wdychanym powietrzem i pożywieniem. Powiększenie migdałków wskazuje na stan zapalny.

Człowiek ma prawie 400 węzłów chłonnych. To trochę tak, jak gdybyśmy mieli 400 przychodni lekarskich czynnych całą dobę przez 365 dni w roku.

4.2. Działanie układu limfatycznego

Limfa (chłonka) jest produktem przesączania osocza krwi – płynne składniki osocza przenikają z naczyń włosowatych do przestrzeni międzykomórkowej. Na tym etapie skład chemiczny limfy jest prawie identyczny jak skład osocza krwi. Z przestrzeni międzykomórkowej limfa zbierana jest przez bardzo drobne otwarte naczynia włosowate, które łączą się w większe naczynia limfatyczne. Naczynia limfatyczne przechodzą przez węzły chłonne. W nich limfa jest dokładnie **oczyszczana** (odpowiadają za to przede wszystkim makrofagi). W limfie opuszczającej węzły chłonne znajduje się dużo leukocytów B. Największe naczynia limfatyczne – **przewody limfatyczne** – mają zastawki zapobiegające cofaniu się limfy i uchodzą do żył układu krwionośnego. W ten sposób składniki osocza krwi, po oczyszczeniu, wracają do niej z powrotem.

Limfa przesuwana się powoli, przede wszystkim dzięki skurczom mięśni gładkich narządów, przez które przechodzą naczynia limfatyczne. Ponieważ sieć naczyń limfatycznych jest bardzo rozgałęziona, limfa powstaje we wszystkich tkankach ciała.



Działanie układu limfatycznego człowieka

1. Przesączanie składników osocza z naczyń krwionośnych do przestrzeni międzykomórkowej.
2. Powolny transport chłonki.
3. Oczyszczanie chłonki z drobnoustrojów.
4. Oczyszczona limfa dostaje się do krwi.

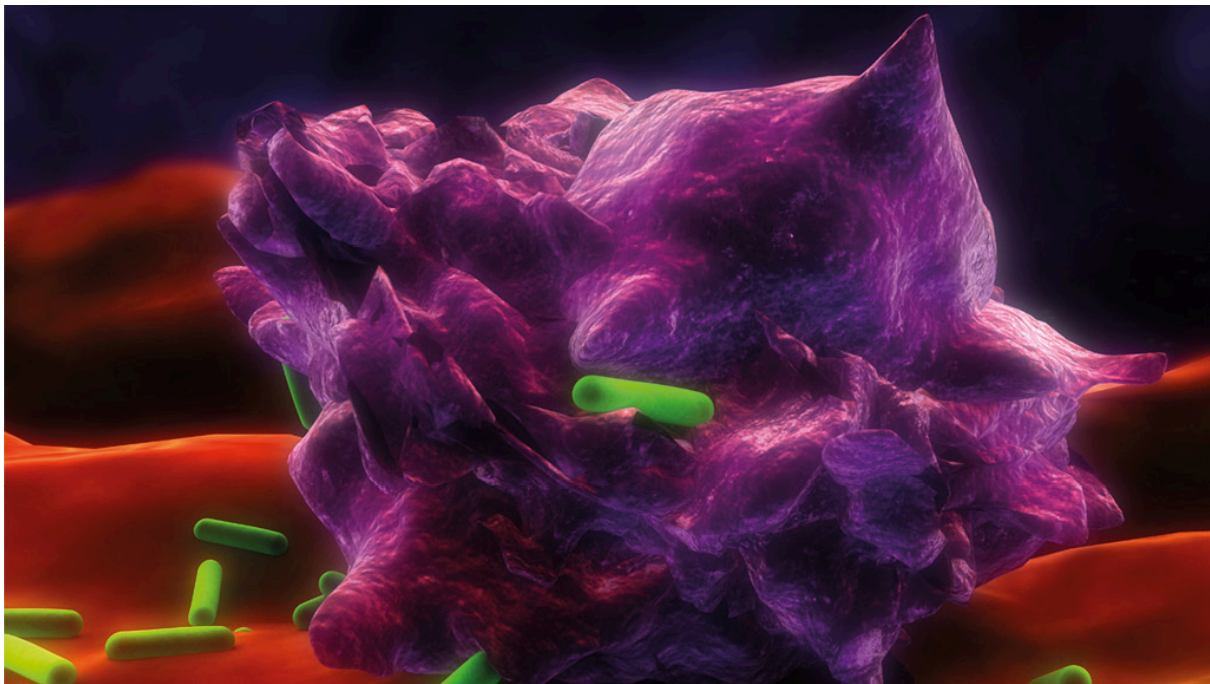
4.3. Podsumowanie

1. Układ limfatyczny (chłonny) wspomaga pracę układu krwionośnego, pełni funkcje obronne oraz transportuje tłuszcze.
2. Układ chłonny jest otwarty, tworzą go naczynia i węzły chłonne, migdałki, śledziona i grasica. W układzie limfatycznym przemieszcza się limfa – płyn tkankowy zawierający limfocyty.
3. Naczynia chłonne transportują limfę z przestrzeni międzykomórkowych do żył układu krwionośnego. W węzłach chłonnych następuje oczyszczanie limfy z drobnoustrojów.

5. Odporność ustrojowa

5.1. Rodzaje odporności

Człowiek może się bronić przed różnymi czynnikami chorobotwórczymi, zakłócającymi prawidłowe działanie jego organizmu. Za tę zdolność odpowiada **układ odpornościowy**. Składa się on z **narządów układu limfatycznego** oraz **różnych elementów** należących do innych układów (takich jak skóra, błony śluzowe, szpik kostny oraz krwinki białe). Dla człowieka **czynnikami chorobotwórczymi** są wirusy, liczne bakterie, płazińce (tasiemce, przywry), nicienie (np. glista), a także niektóre stawonogi (np. wesz) i grzyby. Nazywamy je ogólnie **patogenami**.



Makrofag pożerający bakterie (model komputerowy)

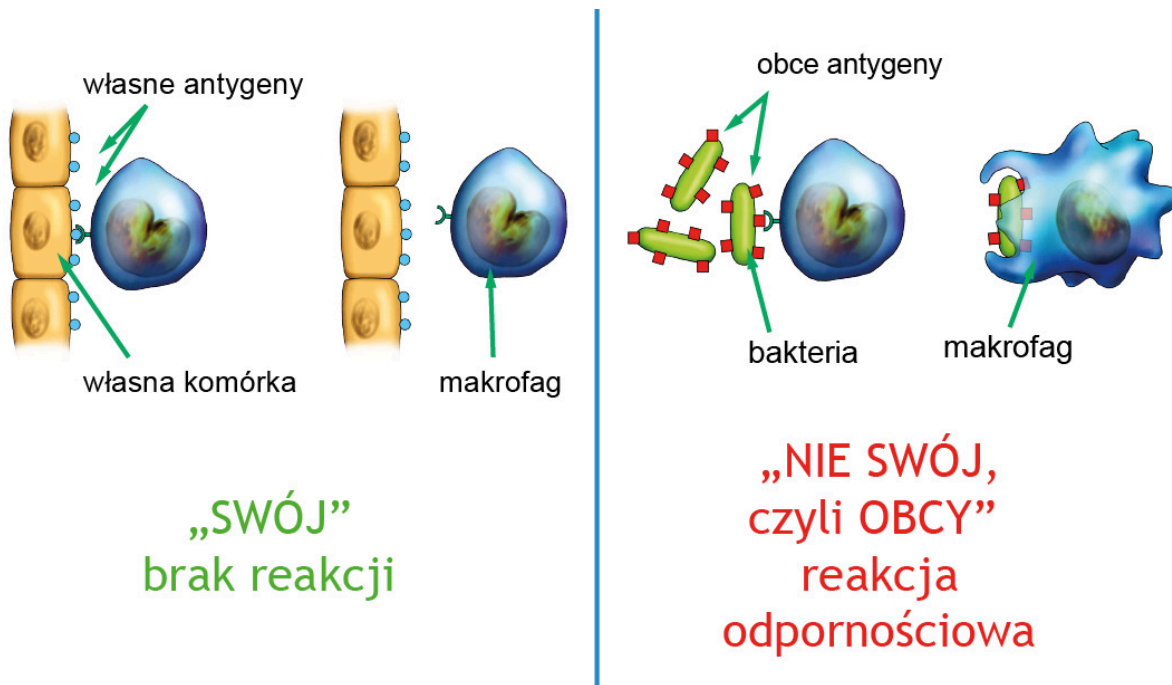
Wyróżniamy dwa rodzaje **odporności**: nieswoistą oraz swoistą.

Odporność nieswoista jest wrodzona i jej mechanizmy działają przez całe życie. **Odporność swoista** nie jest wrodzona. Nabywamy ją po kontakcie z konkretnym czynnikiem chorobotwórczym. Organizm człowieka uczy się rozpoznawać ten czynnik i potem może szybko, skutecznie na niego zareagować. Odporność swoista może być **czynna** (wytworzona przez sam organizm po kontakcie z patogenem) lub **bierna**. Odporność bierną naturalną nabywa dziecko od matki w trakcie rozwoju

plodowego i karmienia piersią. Odporność bierną sztuczną uzyskuje się w wyniku podania surowicy odpornościowej zawierającej określone przeciwciała.

5.2. Reakcje odpornościowe

W działaniu układu odpornościowego bardzo ważne jest odróżnianie własnych komórek i nieszkodliwych substancji od patogenów oraz toksyn. Makrofagi i niektóre limfocyty rozpoznają cząsteczki specjalnych białek, które znajdują się na powierzchni błony naszych komórek. Jeśli są to własne cząsteczki, reakcja nie następuje, gdy jednak budowa chemiczna tych cząsteczek jest inna, komórka odpornościowa rozpoznaje je jako obce. Cząsteczki chemiczne, które mogą być rozpoznawane przez układ odpornościowy, nazywamy **antygenami**. Układ odpornościowy potrafi odróżniać własne antygeny. Obce antygeny pobudzają układ odpornościowy do działania – zachodzi wówczas skomplikowana **reakcja odpornościowa**.



Odróżnianie „swój” - „obcy” (po rozpoznaniu własnych antygenów makrofag nie podejmuje żadnej akcji!)

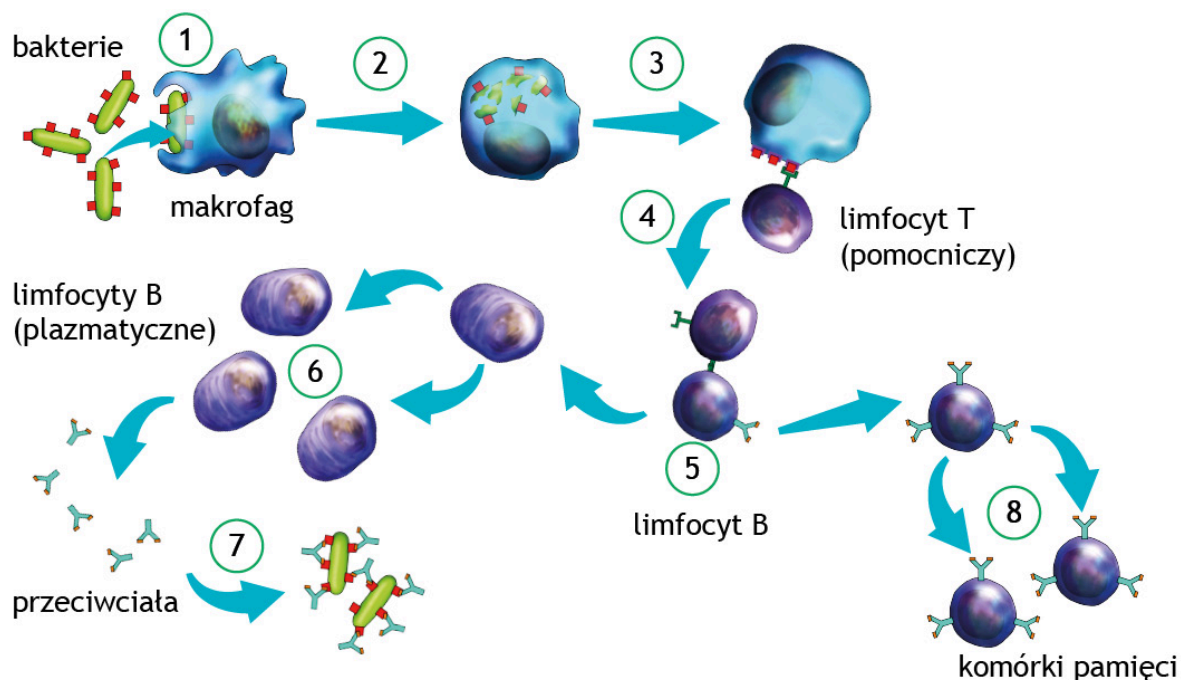
Większość patogenów zatrzymywana jest już na powierzchni naskórka oraz błon śluzowych dróg oddechowych i przewodu pokarmowego. Stamtąd są usuwane mechanicznie. W ślinie, pocie, we łzach i w śluzie dróg

oddechowych znajduje się **lizozym** – białko niszczące ściany komórkowe wielu bakterii. Patogeny, które wnika do wnętrza organizmu człowieka, są zwalczane na kilka sposobów. Patogeny niewielkie mogą zostać wchłonięte i strawione przez **makrofagi**. W niektórych komórkach znajduje się białko o nazwie „**interferon**”, hamujące syntezę białek wirusowych. To mechanizmy odporności nieswoistej – zatrzymują i niszczą „wrogów”, nie wybiórczo, ale natychmiast i bez konieczności dokładnego rozpoznania.

Elementy odporności nieswoistej (wrodzonej):

- naskórek
- błony śluzowe
- rzęski nabłonka dróg oddechowych
- kwas solny (w żołądku)
- lizozym (we łzach, w ślinie, w łoju i w pocie)
- interferony (białka)
- makrofagi
 - pochłaniają i rozkładają wirusy oraz bakterie
 - prezentują limfocytom pomocniczym obce antygeny (uruchamiają odporność swoistą).

Wiele czynników chorobotwórczych przełamuje bariery odporności nieswoistej. Organizm człowieka dysponuje wówczas „wyspecjalizowanymi oddziałami drugiej linii obrony”. Najpierw „obcy” zostaje **rozpoznany**, dopiero wówczas układ odpornościowy przystępuje do jego **zwalczania**. Po zwycięstwie w krwiobiegu pozostają **komórki pamięci**, które przechowują biochemiczny „portret obcego”. Dzięki temu, gdy dojdzie do kolejnego ataku, organizm sprawniej poradzi sobie z zagrożeniem (nastąpi bardzo szybkie rozpoznanie i zniszczenie tego „najeźdźcy”). Odporność **nabywamy** na całe życie lub tylko na pewien czas.



Mechanizmy odporności swoistej są niezwykle skomplikowane - niektóre z nich przedstawia schemat

1. Makrofag pochłania komórki bakterii.
2. Komórki bakterii zostają prawie całkowicie strawione. Rozłożeniu nie ulegają tylko ich antygeny.
3. Antygeny bakterii wbudowane w błonę komórkową makrofaga są rozpoznawane przez limfocyty T-pomocnicze.
4. Limfocyt T pobudza do działania inną komórkę układu odpornościowego – limfocyt B.
5. Uczulony limfocyt B szybko się namnaża. W wyniku podziału powstają liczne komórki plazmatyczne i nieliczne komórki pamięci.
6. Komórki plazmatyczne produkują przeciwciała.
7. Przeciwciała wiążą się z antygenami komórek bakteryjnych. Umożliwia to fagocytozę komórek „najeźdźcy”.
8. Po chorobie w krwi pozostają komórki pamięci, które w przyszłości umożliwią szybkie rozpoznanie i zniszczenie tego „najeźdźcy”.

Załóżmy, że **makrofag** krążący w krwi natknął się na bakterię chorobotwórczą, wchłonął ją i rozłożył (strawił). Pozostawił jednak antygeny tej bakterii i wbudował je w swoją błonę komórkową. Następnie makrofag zaprezentował obcy antygen **limfocytowi T** pomocniczemu, który przekazał „biochemiczny portret” tego antygeny **limfocytowi B**. Uczulony w ten sposób limfocyt B szybko namnożył się, tworząc „małą armię” identycznych komórek produkujących specjalne białka –

przeciwciała. Przeciwciała związały się z antygenami komórek bakterii. Kompleksy **antygen-przeciwciało** zostały następnie zniszczone. W ten sposób infekcja bakteryjna została zwalczona, zaś pewna część uczulonych limfocytów B stała się komórkami pamięci. Dodajmy, że każdy nowy rodzaj antygeny wymaga osobnego rozpoznania, a wyprodukowane przeciwciała łączą się tylko z nim.

Elementy odporności swoistej (nabytej):

- biernej:
 - gotowe przeciwciała w mleku matki (odporność naturalna)
 - gotowe przeciwciała podane w surowicy odpornościowej (odporność sztuczna)
- czynnej:
 - przeciwciała powstające po przebyciu choroby (odporność naturalna)
 - przeciwciała powstające po podaniu szczepionki (odporność sztuczna)

5.3. Przeszczepy

Mechanizmy odpornościowe chronią nas przed chorobami. Naturalna aktywność układu odpornościowego staje się problemem, gdy zachodzi konieczność dokonania **przeszczepu** (transplantacji) jakiegoś narządu lub jego części. Komórki takiego przeszczepionego narządu rozpoznawane są jako obce i dochodzi do odrzucenia przeszczepu. Znalezienie osoby, która ma bardzo podobne antygeny zgodności tkankowej, jest niezwykle trudne, ale możliwe. W tym celu bada się osoby chętne i tworzy specjalne rejestry potencjalnych dawców. W Polsce do największych należy **Centralny Rejestr Niepokrewnionych Dawców Szpiku Kostnego i Krwi Pępowinowej**.

Podstawowe warunki niezbędne do udanego przeszczepu:

- zgodność tkankowa biorcy i dawcy
- właściwy dobór dawcy (odpowiedni wiek, stan zdrowia)

- właściwe zabezpieczenie pobranego narządu
- odpowiednie przygotowanie sali operacyjnej
- stosowanie po operacji leków obniżających odporność (w celu uniknięcia reakcji obronnej organizmu biorcy).

5.4. Szczepionki

Część chorób wirusowych i bakteryjnych można zwalczać za pomocą szczepionek. **Szczepionka** zawiera martwy lub osłabiony patogen, a jej zadaniem jest nauczanie organizmu, jak sobie z nim radzić. Gdy nie ma skutecznych szczepionek, stosuje się leki przeciwwirusowe (lub przeciwbakteryjne) i leczenie objawowe. **Antybiotyki** nie działają bezpośrednio na wirusy, niszczą natomiast bakterie. W chorobach wirusowych antybiotyki stosuje się jako leki osłonowe.

5.5. Alergie

Niekiedy układ odpornościowy reaguje na **alergeny** – czynniki, które powinny być obojętne dla naszego zdrowia, na przykład antygeny na powierzchni pyłków roślin, substancje zawarte w niektórych pokarmach czy w odchodach drobnych roztoczy (występujących w kurzu). Nadmierna reakcja immunologiczna na alergeny to **alergia** (uczulenie).



Obecnie szacuje się, że aż 20% ludzi może cierpieć z powodu nadwrażliwości na pyłki roślin

Wziewne (wdychane)	Pokarmowe	Iniekcyjne (wstrzykiwane)
pyłki roślin	produkty mleczne lub mięsne	leki, np. antybiotyki
zarodniki grzybów	leki doustne	jady owadów, pajęczaków i węży
odchody roztoczy	owoce (np. orzechy pistacji)	
pióra ptaków	warzywa	
sierść ssaków, np. kotów, psów		

Podział i przykłady alergenów

Immunologia to nauka z pogranicza biologii i medycyny. Lekarze specjaliści – **immunolodzy** – zajmują się zaburzeniami funkcjonowania układu odpornościowego człowieka.

5.6. Podsumowanie

1. Organizm człowieka jest zdolny do obrony przed różnorodnymi czynnikami chorobotwórczymi (patogenami). Wyróżniamy dwa rodzaje odporności: nieswoistą i swoistą.

2. Odporność nieswoistą (wrodzoną) współtworzą bariery mechaniczne (np. skóra, błony śluzowe), chemiczne (np. sól, lizozym), reakcje obronne organizmu (odruchy wymiotne, kaszel) oraz makrofagi (rodzaj leukocytów) fagocytujących (pożerających) bakterie.

3. Odporność swoistą nabywamy po kontakcie z określonym czynnikiem chorobotwórczym (np. po chorobie lub szczepieniu). Taki rodzaj odporności nazywamy odpornością czynną. Polega ona na uruchomieniu reakcji immunologicznych, w wyniku których wytwarzane są przeciwciała unieszkodliwiające antygeny. W odpowiedzi immunologicznej uczestniczą makrofagi oraz limfocyty T i B.

4. Odporność swoista może mieć także charakter bierny naturalny i bierny sztuczny. Odporność bierną naturalną nabywa dziecko od matki w trakcie rozwoju płodowego i karmienia piersią. Odporność bierną sztuczną organizm uzyskuje w wyniku podania surowicy odpornościowej

zawierającej określone przeciwciała.

6. Panel kontrolny Rozdziału XII

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu XII ([na www.terazwiedza.pl](http://www.terazwiedza.pl)).

6.1. Polecenia kontrolne

Polecenia do lekcji 1. Składniki krwi i limfy

1. Omów budowę i rolę podstawowych elementów krwi.
2. Wyjaśnij, dlaczego zaciśnięcie stanowi zagrożenie dla życia człowieka.
3. Opracuj tabelę przedstawiającą zróżnicowanie leukocytów i ich funkcji.
4. Zaprojektuj schemat ilustrujący możliwości transfuzji krwi w obrębie różnych grup krwi.
5. Wyłutecz istotę konfliktu serologicznego oraz wymień związane z nim zagrożenia.

Polecenia do lekcji 2. Układ krwionośny

1. Wymień struktury budujące układ krwionośny.
2. Wyjaśnij, co to są tętnice, naczynia włosowate i żyły, oraz porównaj ich budowę.
3. Przedstaw budowę serca i fazy pracy serca.
4. Narysuj schemat ilustrujący funkcjonowanie obiegów krwi.

Polecenia do lekcji 3. Wybrane problemy medyczne układu krwionośnego

1. Wymień najczęstsze schorzenia układu krwionośnego.
2. Określ wpływ wybranych elementów stylu życia na funkcjonowanie układu krwionośnego.
3. Zaplanuj działania zmniejszające ryzyko zachorowań na choroby układu krążenia.

Polecenia do lekcji 4. Układ limfatyczny

1. Wymień struktury tworzące układ limfatyczny oraz wyjaśnij, dlaczego jest on nazywany układem otwartym.
2. Wymień najważniejsze funkcje limfy (chłonki).

3. Omów mechanizm tworzenia się i przepływu limfy w organizmie.
4. Porównaj budowę i funkcje układu krwionośnego i limfatycznego.
5. Wyjaśnij, dlaczego węzły chłonne rozmieszczone są w całym organizmie.

Polecenia do lekcji 5. Odporność ustrojowa

1. Wytlumacz, czym jest odporność organizmu i wymień struktury tworzące układ odpornościowy.
2. Przedstaw za pomocą grafu różne rodzaje odporności.
3. Porównaj rolę oraz mechanizmy funkcjonowania odporności nieswoistej i swoistej.
4. Wyjaśnij, kiedy człowiekowi podaje się surowicę odpornościową, a kiedy szczepionkę.

6.2. Ważne pojęcia

- elementy morfotyczne krwi • krzepnięcie krwi • fibryna • grupy krwi: 0, A, B, AB • czynnik: Rh+, Rh- • konflikt serologiczny • transfuzja krwi • uniwersalny dawca i biorca • serce • przedsionki • komory • zastawki • naczynia krwionośne: tętnice, żyły, naczynia włosowate • naczynia wieńcowe • cykl pracy serca: skurcz przedsionków, skurcz komór, pauza • tętno • automatyzm pracy serca • obiegi krwi: płucny, ustrojowy • EKG (elektrokardiogram) • nadciśnienie tętnicze • miażdżyca • choroba wieńcowa • defibrylator • kardiolog • hematolog
- naczynia limfatyczne (włosowate, przewody limfatyczne) • węzły chłonne • śledziona • grasica • migdałki • limfa (chłonka)
- patogeny • odporność: nieswoista i swoista • makrofagi • limfocyty T • limfocyty B • komórki pamięci • antygen • przeciwciało • reakcja antygen-przeciwciało • szczepionka • surowica odpornościowa • odporność naturalna i sztuczna • alergia • alergen • przeszczep • immunolog

System do nauki biologii online (LMS)



jeszcze więcej grafik i zdjęć



filmy



animacje



testy interaktywne.



www.terazwiedza.pl

Sprawdź już teraz!

BIOLOGIA

LICEUM OGÓLNOKSZTAŁCĄCE
pod redakcją Waldemara Lewińskiego

PIERWSZE E-PODRĘCZNIKI

JUŻ NIEDŁUGO

DOSTĘPNE W SIECI



| smartfon | tablet | komputer |

Agencje fotograficzne: zdjęcia, grafiki i filmy

© Accent/Fotolia.com © Ackley Road Photos/Fotolia.com © alexonline/Fotolia.com © Alx/Fotolia.com © John Anderson/Fotolia.com © FLORIAN ANDRONACHE/Fotolia.com © Yuri Arcurs/Fotolia.com © arenysam/Fotolia.com © Ariusz/Fotolia.com © arsdigital.de/Fotolia.com © john Barber/Fotolia.com © Martina Berg/Fotolia.com © BlueOrange Studio/Fotolia.com © Iain Boyd/Fotolia.com © James Bradshaw/Fotolia.com © Alex Bramwell/Fotolia.com © Thomas Brandt/Fotolia.com © Steve Byland/Fotolia.com © Richard Carey/Fotolia.com © gavin Chapman/Fotolia.com © chuc.de/Fotolia.com © daniel cordonnier/Fotolia.com © cphoto/Fotolia.com © cris13/Fotolia.com © crisod/Fotolia.com © cristi180884/Fotolia.com © hakan çorbacı/Fotolia.com © dabjola/Fotolia.com © Andrea Danti/Fotolia.com © Roman Dekan © Garry DeLong/Fotolia.com © serge dherin/Fotolia.com © DirkR/Fotolia.com © Dmitry/Fotolia.com © Dob's Farm/Fotolia.com © eblue/Fotolia.com © EcoView/Fotolia.com © eichnersmith/Fotolia.com © emer/Fotolia.com © epantha/Fotolia.com © Ericos/Fotolia.com © ewanc/Fotolia.com © fafoutis/Fotolia.com © susan flashman/Fotolia.com © Bert Folsom/Fotolia.com © Fotografik/Fotolia.com © Fotoskat/Fotolia.com © Vladislav Gajic/Fotolia.com © Áment Gellért/Fotolia.com © Eric Gevaert/Fotolia.com © Yaroslav Gnatuk/Fotolia.com © Regis Gontier/Fotolia.com © GraphicHead/Fotolia.com © Tatiana Grozetskaya/Fotolia.com © GWH/Fotolia.com © haemengine/Fotolia.com © Ronnie Howard/Fotolia.com © Attila Huszti/Fotolia.com © Tim HvW/Fotolia.com © Eric Isselée/Fotolia.com © iMAGINE/Fotolia.com © ItinerantLens/Fotolia.com © ixvor/Fotolia.com © jespel/Fotolia.com © jscalev/Fotolia.com © StarJumper/Fotolia.com © JYF/Fotolia.com © Sven Kamin/Fotolia.com © Sebastian Kaulitzki/Fotolia.com © Cathy Keifer/Fotolia.com © Trevor Kelly/Fotolia.com © Kelpfish/Fotolia.com © Katrin Koller/Fotolia.com © ktsdesign/Fotolia.com © Kaido Kärner/Fotolia.com © LaChinita/Fotolia.com © leafy/Fotolia.com © David Lefort/Fotolia.com © lioneldivepix/Fotolia.com © MAL

TAYLOR/Fotolia.com © Kev Maltese-Crottier/Fotolia.com © Petr Mašek/Fotolia.com © milosluz/Fotolia.com © Evgeniy Mitroshkin/Fotolia.com © Mopic/Fotolia.com © Nemo1024/Fotolia.com © Kai Michael Neuhold/Fotolia.com © NIK/Fotolia.com © Duncan Noakes/Fotolia.com © ostromec/Fotolia.com © outdoorsman/Fotolia.com © claudiu paizan/Fotolia.com © Luc PATUREAU/Fotolia.com © piai/Fotolia.com © Natalia Pavlova/Fotolia.com © Edyta Pawlowska/Fotolia.com © Paylessimages/Fotolia.com © peterka/Fotolia.com © Uros Petrovic/Fotolia.com © Michael Pettigrew/Fotolia.com © Geoff Pickering/Fotolia.com © thierry planche/Fotolia.com © Reena/Fotolia.com © Richard30d/Fotolia.com © Dave Riganelli/Fotolia.com © RKPHOTO/Fotolia.com © Pascal Rocha/Fotolia.com © Rodionov/Fotolia.com © Warren Rosenberg/Fotolia.com © Dmitry Rukhlenko/Fotolia.com © John Sandoy/Fotolia.com © Markus Schmid/Fotolia.com © Carola Schubbel/Fotolia.com © Ian Scott/Fotolia.com © sergeM/Fotolia.com © Roman Shiyanov/Fotolia.com © siloto/Fotolia.com © Natalia Sinjushina/Fotolia.com © Serj Siz'kov/Fotolia.com © Sam Slade/Fotolia.com © Carolina K Smith MD/Fotolia.com © Becky Stares/Fotolia.com © Artur Steinhagen/Fotolia.com © Studiotouch/Fotolia.com © svl861/Fotolia.com © sykors/Fotolia.co © Daniel Tackley/Fotolia.com © Régine TEMAM/Fotolia.com © Raymond Thill/Fotolia.com © Tramper2/Fotolia.com © Nicola Vernizzi/Fotolia.com © Weltenbummler/Fotolia.com © S.White/Fotolia.com © Aaron Whitney/Fotolia.com © willtu/Fotolia.com © Hartmut Wolf/Fotolia.com © yxowert/Fotolia.com © zampa/Fotolia.com © A. Zaytsev/Fotolia.com © Dušan Zidar/Fotolia.com © zobeedy/Fotolia.com © Wolfgang Zwicknagl/Fotolia.com © Andrzej/Fotolia.com © Angel_a/Fotolia.com © arsdigital.de/Fotolia.com © Arsha/Fotolia.com © artsocks/Fotolia.com © Svetlana Batura/Fotolia.com © Katrina Brown/Fotolia.com © Cekur/Fotolia.com © hakan çorbacı/Fotolia.com © laurent dambies/Fotolia.com © Mikael Damkier/Fotolia.com © Andrea Danti/Fotolia.com © Dom A/Fotolia.com © endostock/Fotolia.com © EastWest Imaging/Fotolia.com © Eric Gevaert/Fotolia.com © godfer/Fotolia.com © Ivan Grlic/Fotolia.com © grimplet/Fotolia.com © Ivan Hafizov/Fotolia.com © Irata/Fotolia.com © JANULLA/Fotolia.com ©

javarman/Fotolia.com © Doctor Kan/Fotolia.com © Irina
Karlova/Fotolia.com © Sebastian Kaulitzki/Fotolia.com ©
kelleyjoy/Fotolia.com © Michael Kempf/Fotolia.com ©
lightpoet/Fotolia.com © LightScribe/Fotolia.com © Taras
Livvy/Fotolia.com © luxpainter/Fotolia.com © loic GESTIN/Fotolia.com ©
Yahia LOUKKAL/Fotolia.com © Dominique LUZY/Fotolia.com © Roslen
Mack/Fotolia.com © mangostock/Fotolia.com © Xavier
MARCHANT/Fotolia.com © michelangelus/Fotolia.com ©
motionstock/Fotolia.com © M&S Fotodesign/Fotolia.com ©
Nomad_Soul/Fotolia.com © nyul/Fotolia.com © Olga LIS/Fotolia.com ©
OOZ/Fotolia.com © photka/Fotolia.com © Photosani/Fotolia.com ©
picsfive/Fotolia.com © Andrejs Pidjass/Fotolia.com ©
pressmaster/Fotolia.com © Dan Race/Fotolia.com © Warren
Rosenberg/Fotolia.com © rusya m/Fotolia.com © spe/Fotolia.com © Artur
Steinhagen/Fotolia.com © sumnersgraphicsinc/Fotolia.com ©
Sveta/Fotolia.com © Stephen Sweet/Fotolia.com © S_E/Fotolia.com ©
Andrzej Tokarski/Fotolia.com © urosr/Fotolia.com © Jeremy
Wee/Fotolia.com © Robin Williams/Fotolia.com © Magdalena
Żurawska/Fotolia.com © Manuela Alcer/Fotolia.com © asmik/Fotolia.com
© Martina Berg/Fotolia.com © Bergfee/Fotolia.com © Clément
Billet/Fotolia.com © Martin BN/Fotolia.com © Aleksander
Bolbot/Fotolia.com © Christian Bridgwater/Fotolia.com © Sascha
Burkard/Fotolia.com © Steve Byland/Fotolia.com © Caméléon/Fotolia.com
© cbpix/Fotolia.com © LoonChild/Fotolia.com © Matthew
Cole/Fotolia.com © Eli Coory/Fotolia.com © corepics/Fotolia.com ©
cpauschert/Fotolia.com © csourav/Fotolia.com © Les Cunliffe/Fotolia.com
© Danicek/Fotolia.com © Philip Date/Fotolia.com © dmitriy/Fotolia.com
© erectus/Fotolia.com © ermess/Fotolia.com © Flipper75/Fotolia.com ©
Cate Frost/Fotolia.com © GOL/Fotolia.com © Michael Gray /Fotolia.com ©
Eric Gevaert/Fotolia.com © Hedrus/Fotolia.com © lgunderson/Fotolia.com
© Eric Isselée/Fotolia.com © JLV Image Works/Fotolia.com © Sven
Kamin/Fotolia.com © Sebastian Kaulitzki/Fotolia.com © Hennie
Kissling/Fotolia.com © Dmitriy Kosterev/Fotolia.com © Gernot
Krautberger/Fotolia.com © krishnacreatations/Fotolia.com © Grigory
Kubatyan/Fotolia.com © Tomasz Kubis/Fotolia.com © Kaido Kärner
/Fotolia.com © Kaido Kärner /Fotolia.com © michael lueckett/Fotolia.com

© Winston Lue/Fotolia.com © Graham Maddrell /Fotolia.com© Thierry Maffeis/Fotolia.com© mattei/Fotolia.com© Ilja Mašík /Fotolia.com © Vladimir Melnikov/Fotolia.com © mrslevite/Fotolia.com © Pawel Nawrot/Fotolia.com © Derrick Neill/Fotolia.com © Claudia Newland/Fotolia.com © Tyler Olson/Fotolia.com © Andrew Orlemann/Fotolia.com © Jim Parkin/Fotolia.com © Philippe Perraud/Fotolia.com © pgm/Fotolia.com © photobar/Fotolia.com © Photofranck/Fotolia.com © Dmitry Pichugin/Fotolia.com© Lee Prince/Fotolia.com© Dariusz Pokus/Fotolia.com © Alexander Potapov/Fotolia.com © PSHAW-PHOTO/Fotolia.com © Celso Pupo/Fotolia.com © redrex/Fotolia.com © Norton Russell/Fotolia.com © Carlos Santa Maria/Fotolia.com © Leonid Smirnov/Fotolia.com © StarJumper/Fotolia.com © Lee Torrens/Fotolia.com © Valcho/Fotolia.com © Vanessa/Fotolia.com © Vanessa/Fotolia.com © Valery Vasilev/Fotolia.com © Ana Vasileva/Fotolia.com© Uwe Wittbrock/Fotolia.com © Serg Zastavkin/Fotolia.com © V. ZHURAVLEV/Fotolia.com © Oleg Znamenskiy/Fotolia.com © Zolran/Fotolia.com © 2roxfox/Fotolia.com Aristotle Altemps Inv8575 (Wiki, PD, Ludovisi Collection) © Vesalius De humani corporis fabrica (Wiki, PD, prawa wygasły) © Linneusz Systema Naturae (Wiki, PD, prawa wygasły) © Escherichia coli NIAID (Wiki, PD, autor Rocky Mountain Laboratories, NIAID, NIH) © 659px-Haeckel arbol bn (Wiki, PD, prawa wygasły) © 3-14 University of Texas (zgoda na wykorzystanie) © HIV-1 Transmission electron micrograph AIDS02bbb_lores (Wiki, PD, autor PD-USGov-HHS-CDC) © Streptococcus pneumoniae (Wiki, PD-USGov-HHS-CDC, autor Janice Carr) © Trypanosoma sp. PHIL_613_lores (Wiki, PD, autor CDC Dr Myron G Schultz) © Asteroxylon (XfrogPlants PREHISTORIC) © Mvey0290 (Wiki, PD, NOAA USA GOV) © Portuguese Man-O-War (Physalia_physalis) (Wiki, PD, autor US Gov Noaa - PD) © Montastraea cavernosa (Wiki, PD, NOaA) © Acropora pulchra (Wiki, uznanie autora Robert Kok) © Montastrea cavernosa (Wiki, PD, U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration) © Fasciola hepatica2 (Wiki, PD, autor Adam Cuerden) © Schistosoma_20041-300 (Wiki, copy free PD, autor David Williams Illinois State University) © Enlarged c elegans (Wiki, PD, autor National Human Genome Research Institute) © Cykada Delfy w lipcu 2013 (M. Makowska, zgoda na publikację) © Loch

Shin adder (Wiki, PD, autor Highlandtiercel) © Silkworm 01 (Wiki, PD, prawa wygasly The Century Dictionary and Cyclopedia 1913) © Herpes simplex virus TEM_B82-0474_lores (Wiki, PD, CDC Dr Erskine Palmer) © Sicklecels (Wiki, PD, USGov NIDDK) © Golden Rice (Wiki uznanie autorstwa International Rice Research Institute (IRRI))